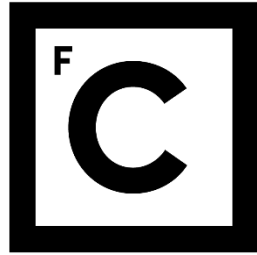


UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL



Ciências
ULisboa

**Ecologia espacial de juvenis de
águia-imperial-ibérica (*Aquila adalberti*)**

Rita Alexandra Fineza Ramos

Mestrado em Biologia da Conservação

Dissertação orientada por:
Prof. Dr. Jorge Palmeirim (FCUL)
Dr. Paulo Marques (LPN)

2016

**“The future belongs to those
who believe in the beauty of their dreams.”**

Eleanor Roosevelt

Agradecimentos

Porque sozinha não seria possível fazer este pequeno grande projeto, gostaria de agradecer a todos aqueles que o tornaram possível.

Começar por agradecer à Liga para a Protecção da Natureza (LPN) e em especial ao LIFE Imperial e a todos os que trabalham no projeto, pelas oportunidades que me proporcionaram durante este ano, aprendi muito com vocês e espero continuar a aprender no futuro. Também ao ICNF, representado pelo Carlos Carrapato, pelas oportunidades e cedência de dados.

Ao Paulo Marques que desde do primeiro *email* se mostrou disponível e me recebeu no projeto LIFE Imperial. Obrigada pelas sugestões e ideias, gostei muito de colaborar com o projeto e muito obrigada pelas oportunidades de participar nos *workshops* e cursos internos. Ao professor Palmeirim que sempre se mostrou disponível e sempre me ajudou quando mais precisei, obrigada por toda a disponibilidade e pelos planos A, B, C e D traçados, pela paciência e simpatia.

A todo o pessoal do RIAS-Aldeia (Fábia, Maria, Thijs, António e Sofia), apesar das necropsias não estarem incluídas nesta dissertação fizeram de algum modo parte deste projeto e permitiram-me aprender mais sobre diagnósticos de causa de morte. Não foi tempo perdido, até porque a ideia inicial ainda não foi arrumada na gaveta e os resultados do *poster* vão ser mais desenvolvidos. Obrigada por toda a ajuda e tempo despendido comigo.

Ao Bruno, à Liliana e ao Carlos por toda a simpatia e apoio que me deram. Com vocês aprendi muito, discuti muitas ideias e esclareci muitas dúvidas; fiquei com ainda mais certeza que é em conservação da natureza que quero trabalhar, (fazer prospeção de linhas elétricas com 40 °C é difícil, mas quando somos bem recebidos até quase que vale a pena não usar esses dados na dissertação). Tiveram muita paciência comigo e mostraram-se sempre disponíveis a ajudar e proporcionaram-me uma experiência incrível. Muito Obrigada!

Agradecer também a todo o pessoal do Centro de Educação Ambiental do Vale Gonçalinho que me recebeu sempre de braços abertos e me fizeram sempre sentir bem-vinda, até nos outros projetos.

Uma obrigada muito especial ao João Paulo, que ajudou a estruturar esta dissertação, e se mostrou sempre disponível a ajudar, tendo-o feito inúmeras vezes. Também à Teresa, que depois de regressar ao trabalho tem sido um grande apoio e despendeu muito tempo para me ajudar com o R, sempre que pedi. Foram dois grandes pilares no resultado final desta dissertação, muito obrigada.

Aos meus pais, que estiveram sempre lá para mim, até quando pensei momentaneamente em desistir. Sempre fizeram o possível e quase o impossível para que pudesse seguir aquilo que idealizei, sempre com uma palavra de apoio e um abanão quando era preciso. Sem vocês nada disto seria possível. Também ao mano, que mesmo longe sempre me apoiou: dizes que sou o teu orgulho, mas tu és a minha inspiração (e quando for grande quero ser como tu ☺).

Por fim mas não menos importantes ao pessoal do Zoo (vocês são muitos e sabem quem são, não me obriguem a escrever os vossos nomes todos :p), saibam que todas as discussões sem sentido, palhaçadas e mal dizer da passarada valeram a pena. Trabalhar com vocês é uma aprendizagem constante e uma revisão contínua dos planos de futuro, porque surgem sempre ideias de grande valor. E, claro, aos cutxis da FCUL (Tété, Poças, Marta, Ana, Zé e Gameiro), aturaram muito (desde há mais ou menos 5 anos) e sofremos muito juntos, mas já está quase no fim. Obrigada a todos, pois direta ou indiretamente estiveram lá sempre para me darem forças para continuar (e a reverem todas as vírgulas fora do sítio).

Por fim, a todos os que de algum modo contribuíram para esta tese e não foram diretamente referidos. Durante estes dois anos de mestrado conheci muita gente com quem troquei muitas ideias e que

contribuiu para esta dissertação. Obrigada a todos vocês, pois sem vocês este trabalho não seria possível (pelo menos, não desta forma).

Resumo

A águia-imperial-ibérica (*Aquila adalberti*) é uma ave de rapina de grande porte que atualmente nidifica em Portugal e Espanha. Ocorre maioritariamente em habitats de topografia suave com montados de sobro e azinho e área arbustiva. A sua presença está muito dependente da presença de coelho-bravo (*Oryctolagus cuniculus*), a principal presa da espécie.

Como em outras aves de rapina, os juvenis, depois de começarem a voar permanecem no território dos progenitores durante um longo período, que pode ir até aos cinco meses de idade. No entanto, o estudo desta “fase de dependência” é dificultado pela grande mobilidade da espécie. O estudo dos comportamentos dos juvenis nesta fase pode ajudar a definir medidas de conservação e também a perceber padrões após a saída do território dos progenitores. Contudo, o uso de novos dispositivos de seguimento por satélite tem permitido colmatar a lacuna existente no conhecimento sobre esse período de vida permitindo, seguir os indivíduos a longas distâncias, quase continuamente e com baixo erro de localização.

Assim, este estudo foca-se nos juvenis de águia-imperial-ibérica durante a “fase de dependência” e pretende detetar os padrões temporais de afastamento e abandono do ninho, caracterizar os movimentos de exploração e identificar as características de seleção de pousos secundários.

Para este estudo, foram acoplados dispositivos de seguimento nos anos de 2014 e 2015 em sete juvenis de águia-imperial-ibérica, com idades compreendidas entre os 49 e os 56 dias de idade. Os juvenis eram de três ninhadas distintas, provenientes de dois ninhos no sul de Portugal (nos concelhos de Mértola e Moura).

Para cada objetivo deste estudo foram realizadas preparações dos dados de modo distinto. Para os padrões temporais, recorreu-se ao cálculo da mediana móvel das distâncias das localizações dos juvenis ao ninho. A mediana móvel foi calculada com um intervalo de três dias de modo a conseguir definir a idade e data de saída de cada juvenil do ninho e, mais tarde, do território dos progenitores. Posteriormente foi calculada a curva tendência para o afastamento de cada ninhada ao respetivo ninho.

Para a caracterização das movimentações, definiu-se a área de maior utilização por parte dos juvenis de cada ninho e identificaram-se todas as movimentações que eram realizadas para fora dessa área. Posteriormente, foi identificada a direção da movimentação, a distância máxima percorrida e a duração de cada uma dessas movimentações. Os resultados obtidos foram depois comparados entre indivíduos da mesma ninhada, do mesmo ninho e de sexos diferentes.

Para a seleção dos pousos, foram identificados os pousos de maior utilização para cada área de estudo (Mértola e Moura). Foram, depois, calculadas as variáveis ambientais e topográficas, de maior interesse, tanto para os pousos secundários identificados, como para pousos definidos aleatoriamente, que representaram os pousos de ausência para os modelos efetuados.

Para os padrões temporais durante a “fase de dependência” constatou-se que os juvenis iniciam os primeiros voos entre os 70 e os 100 dias de idade, ou seja, entre julho e agosto. Já a idade de fim da “fase de dependência” ocorre entre os 133 e os 153 dias de idade, ou seja, entre a última quinzena de setembro e os primeiros dias de outubro, sendo que os irmãos dispersam em datas semelhantes. As curvas de tendência revelaram um afastamento ao ninho, de modo não linear, com o aumento da idade dos juvenis. Foi também detetada uma grande fidelidade ao ninho, durante a “fase de dependência”, principalmente no período da noite.

Para a caracterização dos movimentos exploratórios dos juvenis na “fase de dependência” constatou-se que os juvenis fazem uma utilização do espaço, nas suas movimentações, de modo não uniforme, não havendo semelhança entre a direção média das movimentações e a direção seguida aquando da saída do

território dos progenitores. Já a distância máxima percorrida e a duração das movimentações não aparentam ter um padrão de aumento com o tempo.

Quando comparadas as direções, distâncias máximas percorridas e durações das movimentações entre irmãos da mesma ninhada, estas não se revelaram estatisticamente diferentes. Também a comparação entre indivíduos de sexos diferentes não se revelou estatisticamente significativa. No entanto, parece haver uma ligeira tendência para que as fêmeas realizem movimentações de maior distância e durante mais tempo.

Por fim, quando comparadas ninhadas, do mesmo ninho, mas de anos diferentes, estas apresentaram diferenças tanto na direção das movimentações como na distância máxima percorrida e na duração das movimentações.

Finalmente, para o estudo da seleção de pousos, foram identificados 63 pousos secundários na totalidade das duas áreas de estudo, 38 para a área de Mértola e 25 para a área de Moura. As variáveis que mais influenciam a seleção dos pousos secundários foram, de modo negativo, a distância à linha de água, e de modo positivo, a presença das categorias de habitat “floresta” e “vegetação”, o declive e o índice de posição topográfica (tpi). Quando realizado o modelo para cada área separadamente, as variáveis que se revelaram influentes foram idênticas, devendo-se aparentemente as diferenças a características das próprias áreas de estudo.

Os resultados e conclusões obtidas neste estudo podem ser uma mais-valia na adaptação das áreas críticas e sensíveis nas áreas de reprodução da espécie. Estender o período crítico até outubro e incluir as áreas de maior utilização de pousos, poderão beneficiar o desenvolvimento bem como a sobrevivência dos juvenis durante a “fase de dependência”.

Estes resultados fornecem, ainda, uma base de conhecimento para estudos de uso de espaço e seleção de áreas de assentamento por parte dos indivíduos imaturos, tendo como referência a seleção de pousos em áreas com presença de árvores, em declives acentuados ou destacadas em relação à envolvente.

Palavras-chave: *Aquila adalberti*, juvenis, movimentos, uso de pousos, dispositivos GPS/GSM

Abstract

The Iberian-imperial-eagle (*Aquila adalberti*) is a large bird of prey that currently breeds in Portugal and Spain. It occurs mainly in areas with a smooth topography and dominated by cork oak and holm oak “montados” and with shrub areas. Its occurrence is highly related with the availability of European-rabbit (*Oryctolagus cuniculus*), the main prey of this species.

Like other birds of prey, Iberian-imperial-eagle juveniles stay for a long period, up to five months, in their parent’s territory. However, studying the “dependence period” may be difficult due to this species’ high mobility. Studying the juvenile behavior during these periods can help understand patterns for the selection of breeding sites and in the definition of new conservation measures. The use of modern tracking devices is enabling researchers to fill the existing gaps of knowledge about this life period, because they allow almost continuous long distance tracking of the individuals with small location error.

The present study focuses the “dependence period” of juveniles and intends to identify the temporal patterns of departure from the nest and the exit from parents’ territory, characterize their exploratory movements and identify the features that influence the selection of perches.

During 2014 and 2015 satellite tracking devices were attached to seven juveniles, between 49 and 56 days old. The juveniles were from two different nests in south Portugal (near Mértola and Moura) and in total three different broods were tagged.

For each objective, the results were treated differently. For temporal patterns, the moving median was calculated with a three days interval, to best identify the age and date in which each juvenile left the nest and, later, their parents’ territory. The data was also used to generate a curve showing how each brood departed from the nest.

All the exploratory movements beyond the most regular used area around the nest were identified and the first direction of the movement, the maximum distance and the duration of each movement were measured. The results were then compared between individuals from the same brood, from the same nest and across different years and different genders.

To study perch selection, all the most frequently used perches in both nesting areas were identified. Eight topographic and environmental variables were then estimated for the frequently used perches and for random locations. The potential role of these variables in the selection of perches were then tested using GLMM and GLM.

Iberian-imperial-eagle juveniles did their first flights approximately between 70 and 100 days old, between July and August. The end of the “dependence period” occurred when they were 133 to 153 days old, between the end of September and the first days of October. Individuals from the same brood dispersed on similar dates. The tendency curves revealed a non-linear increase of the distance to the nest with age increasing. Nevertheless, a strong fidelity to the nest during the “dependence period” was detected, particularly during the night.

The analysis of the exploratory movements revealed that juveniles did a non-uniform use of space during these movements, with no relation between the mean movement direction and the direction of the flight when they leave parents territory, at the end of the “dependence period”. The maximum distance and the duration of each movement did not seem to increase with time.

The direction of movements, the maximum distances travelled and the duration of the exploratory movements did not vary statistically between individuals from the same brood. The same happened when male and female individuals were compared. However, there was evidence of a small tendency for females to make exploratory movements of greater length and duration than males.

Finally, when broods from different years but from the same nest were compared, they showed differences in the direction of the exploratory movements, the maximum distance traveled and the duration of the movements.

For the perch selection during the “dependence period”, 63 different perches were identified, 38 in Mértola area and 25 in Moura area. The selection of perches was negatively influenced by the distance to a water line, and positively influenced by the presence of “forests”, “vegetation”, the slope and the topographic position index (tpi). When the areas were analyzed separately, the results were similar and apparently, the differences between them may be due to differences between the two study sites.

These results and conclusions may be helpful in the definition of critical periods and sensitive areas for conservation in breeding territories, to optimize the survival of juveniles. The critical period, during which juveniles remain associated to the parent’s territory, should end in October and the sensitive areas during this period should include the most used perches.

This study provides a baseline for future studies regarding the use of space and selection of juvenile settlement areas, and revealed that during the “dependence period” juveniles select perches in areas with trees, steeper slopes, and usually higher than the surroundings.

Keywords: *Aquila adalberti*, juveniles, movements, perch use, GPS/GSM devices

Índice

1. Introdução	1
2. Métodos.....	5
2.1. Área de estudo e população.....	5
2.2. Marcação dos juvenis	6
2.3. Tratamento dos dados.....	8
3. Padrões temporais durante a “fase de dependência”	13
3.1. Resultados.....	13
3.2. Discussão.....	14
4. Caracterização dos movimentos exploratórios dos juvenis na “fase de dependência”	17
4.1. Resultados.....	17
4.2. Discussão.....	23
5. Utilização de pousos na “fase de dependência”	27
5.1. Resultados.....	27
5.2. Discussão.....	30
6. Considerações finais.....	35
7. Referências	39
8. Anexos.....	45

Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Tabela resumo da informação de marcação de cada indivíduo estudado.....	7
Tabela 2.2 - Tabela resumo das variáveis escolhidas para o modelo e as suas principais características	11
Tabela 3.1 - Tabela resumo de datas e idades relativamente à marcação, saída do ninho e saída do território durante a “fase de dependência” dos sete indivíduos estudados	13
Tabela 3.2 - Comparação entre as definições para a saída do ninho (fim da “fase de dependência”) e respectivas idades de juvenis, de populações espanholas, em estudos anteriores.....	15
Tabela 4.1 - Ângulos referentes às movimentações e à saída do território por parte dos indivíduos durante a “fase de dependência”.....	18
Tabela 4.2 - Tabela resumo do teste de uniformidade de Watson (U^2), para cada indivíduo.....	18
Tabela 5.1 - Tabela do uso de pousos secundários por cada indivíduo e período de utilização (dia ou noite) e tipo de pouso (árvore, chão ou pinhal)	28
Tabela 5.2 - Tabela resumo dos valores médios dos pousos secundários e dos pousos aleatórios para as duas áreas de estudo	28
Tabela 5.3 - Resultados estatísticos para o GLMM (binomial) relativos à seleção de pousos secundários por juvenis de águia-imperial-ibérica, assumindo o território de proveniência dos juvenis (Mértola e Moura) como fator aleatório (evidenciando as variáveis com p-value <0,05).....	29
Tabela 5.4 - Resultados estatísticos para os GLM (binomial) relativos à seleção de pousos secundários por juvenis de águia-imperial-ibérica, para cada uma das áreas de estudo (Mértola e Moura) (evidenciando as variáveis com p-value < 0,05)	30
Tabela 5.5 - Testes de ajuste dos três modelos, relativos à seleção de pousos secundários no geral das duas áreas e para cada área (Mértola e Moura), separadamente	30

Lista de figuras

Figura 2.1 - Distribuição dos casais de águia-imperial-ibérica no ano de 2015 em Portugal (dados do Grupo de Trabalho da águia-imperial-ibérica 2015 - LIFE Imperial).....	5
Figura 2.2 - Área de estudo identificando os locais dos ninhos, bem como as Zonas de Proteção Especial (ZPE) onde estes se localizam.....	6
Figura 2.3 - Modelo do dispositivo solar de seguimento por satélite utilizado GPS/GSM.....	7
Figura 2.4 - Anilha metálica (direita) e anilha colorida (esquerda) utilizada na identificação visual dos indivíduos de águia-imperial-ibérica.....	8
Figura 3.1 - Curvas tendência de distância ao ninho em função da idade dos juvenis, para cada ninhada, obtidas através da análise GAM ((a) - Mértola 2014 (3 indivíduos); (b) - Mértola 2015 (2 indivíduos); (c) - Moura 2015 (2 indivíduos)).....	14
Figura 4.1 - Identificação da área de maior utilização bem como dos movimentos de exploração realizados para fora desta, por cada indivíduo, de cada ninhada a) Mértola 2014, b) Mértola 2015 e c) Moura 2015 (os mapas apresentados não contêm referências geográficas de modo a garantir a confidencialidade dos dados)	17
Figura 4.2 - Direção (°) (a), duração das movimentações (h) e distância máxima percorrida (km) (b) para o indivíduo 1_2014 (macho), da ninhada de Mértola, 2014 onde a vermelho está identificado o ângulo da movimentação de saída do território dos progenitores	19
Figura 4.3 - Direção (°) (a), duração das movimentações (h) e distância máxima percorrida (km) (b) para o indivíduo 2_2014 (macho) da ninhada de Mértola 2014, onde a vermelho está identificado o ângulo da movimentação de saída do território dos progenitores	19
Figura 4.4 - Direção (°) (a), duração das movimentações (h) e distância máxima percorrida (km) (b) para o indivíduo 9_2015 (macho) da ninhada de Mértola 2015, onde a vermelho está identificado o ângulo da movimentação de saída do território dos progenitores	20
Figura 4.5 - Direção (°) (a), duração das movimentações (h) e distância máxima percorrida (km) (b) para o indivíduo 10_2015 (fêmea) da ninhada de Mértola 2015, onde a vermelho está identificado o ângulo da movimentação de saída do território dos progenitores	20
Figura 4.6 - Direção (°) (a), duração das movimentações (h) e distância máxima percorrida (km) (b) para o indivíduo 3_2015 (macho) da ninhada de Moura 2015, onde a vermelho está identificado o ângulo da movimentação de saída do território dos progenitores	21
Figura 4.7 - Direção (°) (a), duração das movimentações (h) e distância máxima percorrida (km) (b) para o indivíduo 4_2015 (fêmea) da ninhada de Moura 2015, onde a vermelho está identificado o ângulo da movimentação de saída do território dos progenitores	21
Figura 4.8 - Comparação da distância máxima percorrida pelos indivíduos de cada ninho ((a) - Mértola 2014, indivíduos 1_2014 e 2_2014; (b) - Mértola 2015, indivíduos 9_2015 e 10_2015; (c) - Moura 2015, indivíduos 3_2015 e 4_2015). Box-plots construídos com mediana, quartis, mínimos, máximos e outliers.....	22

Figura 4.9 - Comparação da duração das movimentações dos indivíduos de cada ninho ((a) - Mértola 2014, indivíduos 1_2014 e 2_2014; (b) - Mértola 2015, indivíduos 9_2015 e 10_2015; (c) - Moura 2015, indivíduos 3_2015 e 4_2015). Box-plots construídos com mediana, quartis, mínimos, máximos e outliers..... 23

Figura 5.1 - Localização dos pousos secundários relativamente ao ninho em função do período do dia e do número de indivíduos que os utilizam, para as duas áreas de estudo ((a) Mértola e (b) Moura), bem como a área do Kernel 99% utilizado para gerar os pontos aleatórios (os mapas apresentados não contêm referências geográficas para não revelar a localização exata do ninho) 27

1. Introdução

A águia-imperial-ibérica, *Aquila adalberti* (Brehm, 1861), é uma ave de rapina de grande porte, classificada globalmente como *Vulnerável* (BirdLife International 2013). É considerada a ave de rapina mais ameaçada da Europa (Forsman 1999; Penteriani et al. 2005; BirdLife International 2016) e uma das mais ameaçadas do mundo (González et al. 1992; Penteriani et al. 2005).

Ocorre como nidificante apenas na Península Ibérica (BirdLife International 2016), estando classificada como *Em Perigo* em Espanha (Madroño et al. 2004) e como *Criticamente em Perigo* em Portugal (Cabral et al. 2005). Há também registos da antiga nidificação da espécie em Marrocos, no entanto, atualmente apenas se avistam indivíduos na “fase de dispersão” neste país (Cabral et al. 2005). A população mundial é estimada em aproximadamente 648 indivíduos maduros, correspondendo a uma população total de 1000 indivíduos, que tem vindo a aumentar, ainda que de forma lenta, nos últimos anos, tanto em Portugal como em Espanha (BirdLife International 2016).

Em Espanha esta espécie ocorre numa grande variedade de habitats (González et al. 1992; Madroño et al. 2004), ocorrendo em maior densidade em zonas de topografia suave com presença de montados de sobro e azinho, com área arbustiva e zonas de culturas cerealíferas nas proximidades (Madroño et al. 2004; Cabral et al. 2005). A presença de águia-imperial-ibérica está muito dependente da ocorrência de coelho-bravo, *Oryctolagus cuniculus* (Linnaeus, 1758), sendo esta a principal presa da espécie (González et al. 1992; Cabral et al. 2005).

A águia-imperial-ibérica esteve extinta, como nidificante, em Portugal, desde finais dos anos 1970, inícios dos anos 1980 até ao ano de 2003 (Blanco & Pacheco 2003; Catry et al. 2010), ano em que nidificou no nosso país um casal, na região do Tejo Internacional (Grupo de Trabalho para a águia-imperial-ibérica 2015). A população portuguesa tem vindo a aumentar desde então, tendo-se confirmado a existência de 13 casais no ano de 2015 (Dados não publicados - LIFE Imperial/ICNF). No entanto, a produtividade dos casais apresenta uma grande variação ao longo dos anos, mas é em geral baixa, tendo em alguns anos sido inferior a um juvenil voador por casal (ICNF n.d.d; Grupo de Trabalho para a águia-imperial-ibérica 2015).

É uma espécie monogâmica e territorial, em que ambos os membros do casal defendem e permanecem no território durante todo o ano (Ferrer 1993c; Bisson et al. 2002; *Life Imperial* 2016). Possui uma elevada longevidade, podendo chegar aos 23 anos de idade (Penteriani et al. 2005; González et al. 2006b). O casal realiza paradas nupciais no início da época de reprodução, caracterizadas por voos ondulados entre os dois membros do casal, voos picados com as garras entrelaçadas e frequentes vocalizações (González & Margalida 2008; *Life Imperial* 2016). A época de reprodução inicia-se entre janeiro e fevereiro, ocorrendo a postura, de 1 a 4 ovos, entre finais de fevereiro e meados de abril (Del Hoyo et al. 1994; Forsman 1999; Catry et al. 2010).

A incubação dos ovos dura aproximadamente 40 dias, ocorrendo os nascimentos entre abril e maio (Madroño et al. 2004; Catry et al. 2010). Após a eclosão, as crias permanecem no ninho até ao início dos primeiros voos que se iniciam entre os 75 e 85 dias de idade. A “fase de dependência” corresponde ao período compreendido entre os primeiros voos e o dia em que os juvenis saem do território dos progenitores (Soutullo et al. 2006a; Catry et al. 2010; Muriel et al. 2016). O fim da “fase de dependência” dá início ao “período de dispersão” juvenil (Alonso et al. 1987; Ferrer 1993b).

Durante a “fase de dependência” os juvenis vão adquirindo uma maior capacidade de voo e consequentemente uma maior independência face aos progenitores. Nesta fase podem ser identificados dois períodos distintos. O primeiro período, que tem início com os primeiros voos e termina quando as aves começam a realizar voos planados (*soaring*), representa a fase em que as aves tendem a permanecer próximo do ninho. O segundo período inicia-se com os voos de *soaring* e termina com o início da “fase

de dispersão” (Ferrer 1992), entre os três e os cinco meses de idade (Forsman 1999; Muriel et al. 2015). Este período é caracterizado por uma maior capacidade de voo por parte dos juvenis e é quando estes realizam movimentações mais longas e durante mais tempo.

Por fim, a “fase de dispersão” é caracterizada por um período de exploração (Ferrer 1993b; Soutullo et al. 2006a) que pode ir até aos cinco anos de idade, terminando com a fixação dos indivíduos num território para a primeira reprodução. Esta fase é caracterizada por movimentos exploratórios de curta ou longa distância entre diferentes áreas de assentamento (Madrño et al. 2004; Muriel et al. 2016). Durante esta fase são também visitados territórios de reprodução já ocupados, incluindo o território onde nasceram (Madrño et al. 2004; Muriel et al. 2016).

As áreas de assentamento são geralmente de pequena dimensão, tendo em média 430 ha e são usadas durante todo o ano de forma rotativa, por diversos indivíduos (Ferrer 1993c; Ferrer & Harte 1997). Algumas dessas áreas são também usadas por outras espécies de aves de rapina, como a águia-real, *Aquila chrysaetos* (Linnaeus, 1758) e a águia-de-Bonelli, *Aquila fasciata* (Vieillot, 1822) (Ferrer 1993c; Real & Mañosa 2001; Cadahía et al. 2010). As áreas de assentamento são áreas que apresentam, em geral, uma elevada abundância de coelho-bravo (Ferrer & Harte 1997; Balbontín 2005; Cadahía et al. 2010), presa preferencial destas espécies de aves de rapina (González et al. 1990). São geralmente áreas com uma elevada atividade humana, caracterizadas por habitats abertos, como culturas de sequeiro (Ferrer & Harte 1997; Balbontín 2005; Cadahía et al. 2010).

À semelhança do que acontece com outras aves de rapina de grande longevidade, a maturidade sexual é tardia (Ferrer 1993a; Balbontín 2005; Cadahía et al. 2010). Desse modo, a fixação num território para a primeira reprodução ocorre, geralmente, entre os três e os cinco anos de idade (Penteriani et al. 2005; Muriel et al. 2015), ou, ainda que raramente, aos 2 anos (Muriel et al. 2016).

Durante a fase que antecede a reprodução ocorre uma grande mortalidade não natural desta espécie (Cadahía et al. 2005; Penteriani et al. 2005; González et al. 2007; Muriel et al. 2015). Como ameaças mais relevantes destacam-se a morte por eletrocussão, a perseguição direta e a fragmentação de habitat (BirdLife International 2013). A morte por eletrocussão ocorre quando há contacto da ave com dois pontos da linha elétrica, de potenciais diferentes, ou um ponto da linha elétrica e um apoio que faça ligação à terra (Cabral et al. 2005; Haas et al. 2003; González et al. 2007). A perseguição ocorre, diretamente por abate a tiro ou indiretamente por envenenamento de carcaças geralmente destinado a matar raposas ou outros mamíferos carnívoros silvestres (Catry et al. 2010; BirdLife International 2016). Já a fragmentação do habitat ocorre por expansão da população humana e consequente alteração do uso do solo, que levam a um declínio da área de habitat favorável à nidificação da espécie e à presença de presas (Cabral et al. 2005; Catry et al. 2010).

Também é de realçar o impacto da perturbação humana nos indivíduos desta espécie nas épocas mais sensíveis, como sendo a época de reprodução, desde o início da ocupação dos ninhos até à saída dos juvenis, e a “fase de dependência” dos juvenis (González et al. 1990, 2006a; Grupo de Trabalho para a águia-imperial-ibérica 2015). Finalmente as doenças que afetam o coelho-bravo, tal como a doença hemorrágica viral e a mixomatose, levam a um declínio da população desta espécie e consequentemente da águia-imperial-ibérica (Cabral et al. 2005).

Assim, as duas fases que antecedem a reprodução são aquelas em que os animais estão mais vulneráveis (Muriel et al. 2015). É também nestas fases que o conhecimento é mais limitado, focando-se normalmente no desenvolvimento dos juvenis e nas suas capacidades de voo (Alonso et al. 1987; Ferrer 1992, 1993d), não havendo, comparativamente à fase de reprodução um estudo do uso do espaço (Ferrer 1993b; Muriel et al. 2016). A ausência desses estudos devem-se principalmente a restrições relacionadas com o seguimento dos juvenis, pois a obtenção de dados de boa qualidade pode levar a

uma perturbação excessiva. Contudo, o relativamente recente desenvolvimento de dispositivos de seguimento remoto e a sua generalização têm permitido a recolha de dados com uma minimização da perturbação (Bunnefeld et al. 2011; Palm et al. 2015; Mutwiri 2016). Atualmente há dispositivos suficientemente pequenos e duradouros para permitir o seu uso em indivíduos de espécies como a águia-imperial-ibérica (Alerstam 2001; Kenward 2001; Meyburg & Fuller 2007).

No entanto, a maioria dos estudos que envolveram o seguimento de indivíduos desta espécie recorreram à marcação dos juvenis com radiotransmissores (Alonso et al. 1987; Ferrer 1992; González et al. 2006b; Fernández et al. 2009; Muriel et al. 2016). Esses apresentam constrangimentos ao nível da frequência de recolha de dados, área coberta e esforço de campo exigido (Ferrer 1993b; Cadahía et al. 2007; Fernández et al. 2009; Hatton et al. 2015).

Dos estudos realizados com recurso a dados de dispositivos de seguimento por satélite, mais frequentes, destacam-se os referentes a padrões temporais e espaciais das espécies (Bunnefeld et al. 2011; Fischer et al. 2013). Para os estudos dos padrões temporais estes dispositivos recentes permitem um seguimento quase contínuo dos indivíduos (Steiniger & Hunter 2012; Fischer et al. 2013; Sarkar et al. 2014), facilitando a identificação de padrões a pequena e larga escala, como a atividade diária e a atividade anual (Cadahía et al. 2007; Anker-Nilssen & Aarvak 2009). Também os estudos dos padrões espaciais beneficiam com o uso desta tecnologia, uma vez que permitem fazer o seguimento dos indivíduos na área de ocorrência e sem perturbação (Meyburg & Fuller 2007; Fischer et al. 2013; Hatton et al. 2015). Permitem também, o estudo dos padrões a larga escala, como por exemplo, o estudo de padrões de dispersão e migração de espécies com elevada mobilidade (Alerstam 2001; Anker-Nilssen & Aarvak 2009; Bunnefeld et al. 2011; Palm et al. 2015).

Tanto a melhoria da qualidade dos dados como o desenvolvimento de estatística própria, tem beneficiado o estudo da movimentação das espécies (Cain 1989; Prado et al. 2005; Cooper 2016; Mutwiri 2016). Esta área é de grande importância, uma vez que entender de que modo os indivíduos se deslocam no espaço e identificar que características ambientais influenciam esses movimentos pode ajudar à definição de novas medidas de gestão. Apesar do seu desenvolvimento, esta área ainda se foca muito em estudos de migração (Alerstam 2001; Sarkar et al. 2014; Palm et al. 2015), não sendo comum o estudo das fases mais iniciais do ciclo de vida.

Tendo as aves de rapina uma elevada mobilidade (Krüger 2002), estudar as movimentações dos juvenis na “fase de dependência”, e perceber como os indivíduos exploram o espaço nas fases iniciais do ciclo de vida pode fornecer ferramentas que ajudam na perceção de padrões durante a “fase de dispersão” e também após a maturidade sexual.

O modo como os juvenis fazem o uso do espaço envolvente ao ninho quando ainda estão dependentes dos progenitores é de extrema importância. Estes são mais vulneráveis a perturbações e a mortalidade não natural e têm comportamentos diferentes dos progenitores. Desse modo, o conhecimento do uso do espaço por parte dos juvenis pode ajudar a delinear estratégias de conservação mais eficazes nos locais de reprodução, não só associadas ao local do ninho, mas também à área envolvente a este.

Tendo em consideração a vulnerabilidade dos juvenis na “fase de dependência” e a elevada mortalidade de indivíduos antes de atingirem a idade de reprodução, está a ser implementado um plano de marcação de juvenis (Grupo de Trabalho para a águia-imperial-ibérica 2015). Essa marcação permite um acompanhamento dos juvenis durante a “fase de dispersão”, identificar os movimentos durante a “fase de dispersão” e determinar as causas de mortalidade.

Desse modo, este estudo foca-se na “fase de dependência”, e pretende abordar três temas distintos: os padrões temporais, a caracterização dos movimentos exploratórios dos juvenis e o uso de pousos durante esta fase. Assim, como objetivos para os padrões temporais pretende-se: 1) identificar as datas e idades

dos primeiros voos e do fim da “fase de dependência” dos juvenis; e 2) perceber de que modo é feito o afastamento dos juvenis ao ninho.

Para a caracterização dos movimentos exploratórios dos juvenis os objetivos são: 1) compreender como é feita a exploração do espaço durante as movimentações dos juvenis; 2) verificar a existência de diferenças na direção, distância máxima percorrida e duração das movimentações entre irmãos; e 3) verificar a existência de diferenças na distância máxima percorrida e na duração das movimentações entre machos e fêmeas.

Finalmente, como objetivo para a utilização de pousos pretende-se 1) ver quais as variáveis que influenciam a escolha de pousos secundários.

2. Métodos

2.1. Área de estudo e população

A população reprodutora de águia-imperial-ibérica, em Portugal, tem vindo a aumentar desde 2003, ano em que voltou a nidificar, no Tejo Internacional (Grupo de Trabalho para a águia-imperial-ibérica 2015).

Os últimos censos efetuados, indicam que em 2015 nidificaram, em território nacional 13 casais desta espécie (dados não publicados - LIFE Imperial/ICNF), distribuídos pela Beira Baixa, Alto Alentejo e Baixo Alentejo (Figura 2.1).

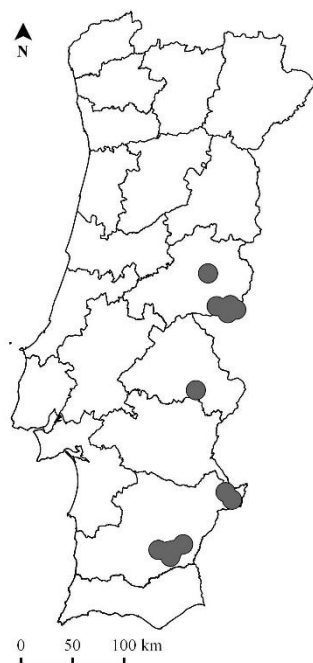


Figura 2.1 - Distribuição dos casais de águia-imperial-ibérica no ano de 2015 em Portugal (dados do Grupo de Trabalho da águia-imperial-ibérica 2015 - LIFE Imperial)

Tendo em consideração o baixo número de casais reprodutores em Portugal, este estudo foca-se em duas das áreas de ocorrência da espécie no nosso país, a região de Mértola e a região de Moura, ambas no Baixo Alentejo (Figura 2.2), onde foram marcados indivíduos nos anos de 2014 e 2015, com equipamentos de seguimento remoto. Estas duas áreas apesar de pertencerem ambas ao núcleo reprodutor da região sul (Baixo Alentejo) têm características de habitat um pouco distintas.

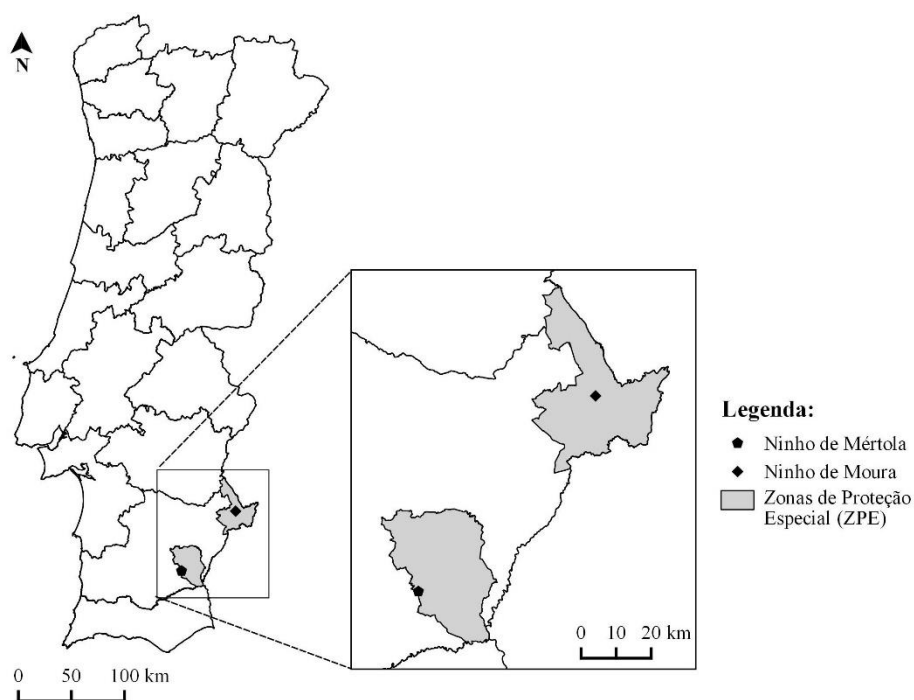


Figura 2.2 - Área de estudo identificando os locais dos ninhos, bem como as Zonas de Proteção Especial (ZPE) onde estes se localizam

Na área de Moura o ninho bem como a grande parte dos movimentos dos juvenis encontram-se dentro da Zona de Proteção Especial (ZPE) de Moura/Mourão/Barrancos.

É uma área heterogénea mas com grande expressão de montados de azinho e áreas de sistemas cerealíferos extensivos (ICNF n.d.a; IGeoE 2010). A densidade humana é baixa, com atividade centradas na agricultura, criação de gado e gestão florestal. As escarpas nas margens do rio Ardila e os afloramentos rochosos calcários criam uma orografia acentuada que beneficia muitas espécies de aves de rapina (ICNF n.d.a; IGeoE 2010).

Na área de Mértola, o ninho localiza-se na periferia da ZPE do Vale do Guadiana, e consequentemente, uma parte significativa das movimentações efetuadas pelos indivíduos ocorrem para fora desta zona, para locais não abrangidos pela Rede Natura 2000 ou para a ZPE contigua à ZPE do Vale do Guadiana, a ZPE de Castro Verde.

Uma grande extensão da área é composta por planícies com culturas extensivas de sequeiro, com algumas áreas de esteval com baixa cobertura arbórea e ainda montados de azinho, com baixa ocupação humana, e com áreas recentes de reflorestação de pinheiro manso (ICNF n.d.b, n.d.c; IGeoE 2010). É ainda possível encontrar escarpas e vales encaixados junto ao rio Guadiana e dos seus afluentes (ICNF n.d.b; IGeoE 2010).

2.2. Marcação dos juvenis

O estudo da ecologia espacial de juvenis de águia-imperial-ibérica foi realizado com recurso a equipamentos de seguimento remoto GPS/GSM com uma grande autonomia recorrendo a uma bateria alimentada por um painel solar. Estes equipamentos são produzidos pela MoveTech, um consórcio internacional que reúne o cE3c da Universidade de Lisboa, o ICETA da Universidade do Porto, a Universidade de East Anglia e o British Trust for Ornithology.

Foram marcados sete juvenis dos quais cinco no ninho de Mértola (três em 2014 e dois em 2015) e dois no ninho de Moura, em 2015.

As marcações ocorreram junto aos ninhos, quando as aves tinham entre os 49 e os 56 dias de idade (Tabela 2.1), tendo sido realizadas por técnicos credenciados para a marcação de grandes aves de rapina. A aferição da idade foi feita previamente com recurso a seguimento, por telescópio, do desenvolvimento das crias e no momento da marcação através do desenvolvimento da plumagem (González & Margalida 2008; LIFE Imperial 2016) (Anexo I).

Tabela 2.1 - Tabela resumo da informação de marcação de cada indivíduo estudado

ID indivíduo	Território	Ano	Sexo	Data de marcação	Idade (dias)
1_2014	Mértola	2014	Macho	10/07/2014	55/56
2_2014	Mértola	2014	Macho	10/07/2014	49
PTT_2014	Mértola	2014	Macho	10/07/2014	53/54
3_2015	Moura	2015	Macho	16/06/2015	50
4_2015	Moura	2015	Fêmea	16/06/2015	51
9_2015	Mértola	2015	Macho	15/06/2015	55
10_2015	Mértola	2015	Fêmea	15/06/2015	55

Foram acoplados sete dispositivos, um dispositivo GPS/PTT (*Platform Transmitter Terminal*) e seis dispositivos GPS/GSM, dois em 2014 e quatro em 2015. Os dispositivos GPS/GSM foram programados com dois sistemas de recolha de dados distintos.

O dispositivo GPS/PTT foi programado para registar uma localização a cada 3 horas, entre o período das 7h e as 19h, anotando ainda informação de velocidade e altimetria. Os dispositivos GPS/GSM de 2014 forneciam um ponto por hora (24h por dia) e dados de acelerómetro. Por fim, os dispositivos GPS/GSM acoplados em 2015 forneciam uma localização a cada 13 minutos (24h por dia), registando informação de velocidade e altimetria. Os dados obtidos foram reencaminhados para o Movebank (www.movebank.org) que é um repositório *online* de dados vocacionados para projetos de seguimento de animais.

Os dispositivos são de formato retangular (8 cm x 4 cm) e contêm um painel solar (4,2 cm x 3,5 cm), tendo sido acoplados aos juvenis com um arnês de fita Teflon, com três pontos de inserção (dois no topo e um na base) (Figura 2.3) (Kenward 2001). Cada dispositivo pesa em média 78 gramas, o que representa menos de 3% do peso de um animal adulto, ou seja, abaixo do limite de peso recomendado (Kenward 2001).

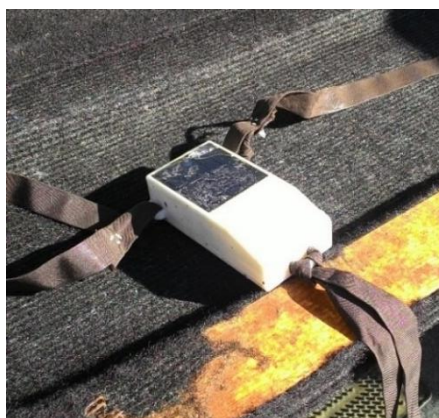


Figura 2.3 - Modelo do dispositivo solar de seguimento por satélite utilizado GPS/GSM

Além do dispositivo de seguimento GPS os juvenis foram marcados com anilhas metálicas e anilhas coloridas, homologadas pelo CEMPA/ICNF (Centro de Estudos de Migrações e Proteção das Aves do Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas). As anilhas coloridas permitem a identificação visual dos indivíduos, à distância (Figura 2.4).



Figura 2.4 - Anilha metálica (direita) e anilha colorida (esquerda) utilizada na identificação visual dos indivíduos de águia-imperial-ibérica

2.3. Tratamento dos dados

Os dados foram transferidos da plataforma MoveBank para o *Microsoft Excel* (2013), tendo sido filtrados de modo a eliminar observações repetidas. Foram tratados no *Microsoft Excel* (2013), separadamente para cada indivíduo e só depois analisados na sua totalidade.

Padrões temporais durante a “fase de dependência”

Para compreender os padrões e períodos do ciclo de vida que precedem a saída dos juvenis do território dos progenitores, foi calculada a distância de cada localização GPS obtida ao ninho onde a cria nasceu, através da matriz de distâncias geradas no sistema de informação geográfica Quantum GIS 2.8.9.

Para uma melhor visualização dos padrões de movimentos pré-dispersão de cada indivíduo, dividiram-se os dados em períodos de dia e de noite tendo por base a ecologia da espécie (Forsman 1999). Desse modo e para a época do ano em estudo, o período do dia corresponde ao horário entre as 6h e as 19h59 e o período da noite corresponde ao horário entre as 20h00 e as 5h59.

De modo a simplificar a análise e para homogeneizar o tipo de dados para os diferentes tipos de emissores, foi calculada para cada período, a mediana móvel num intervalo de três dias. Obteve-se assim um ponto por dia e um ponto por noite para cada indivíduo, que representava a mediana das distâncias percorridas durante três dias. Usou-se a mediana pois é uma medida de tendência central pouco influenciada por valores discrepantes (Mac Nally 2007; Leys et al. 2013), e o uso do intervalo de três dias permitiu evidenciar tendências de dispersão ao longo do tempo e suavizar as variações diárias (Bucciarelli et al. 1993).

Para identificar os padrões durante a “fase de dependência”, foram estimadas as datas e idades em que cada indivíduo se tornou voador. De seguida, identificou-se também as datas e idades em que estes saíram do território dos progenitores, que marcaram o fim da “fase de dependência” (Alonso et al. 1987).

Para identificar o momento em que os indivíduos se tornaram voadores recorreu-se à análise do período de dia, identificando-se o momento em que o registo das localizações indicava que os juvenis já não estavam no ninho. Já o fim da “fase de dependência” foi identificado com recurso ao período da noite, identificando-se o momento em que os juvenis não pernoitavam na área em torno do ninho. Para estas

análises considerou-se uma distância superior a 40 metros do ninho, valor associado ao erro médio do GPS. Excepcionalmente, para o indivíduo PTT_2014 foi identificado o fim de “fase de dependência” por comparação da distância ao ninho do período de dia com os irmãos, uma vez que este não tinha dados para o período da noite.

Tendo por base as análises anteriormente referidas, e depois de feitos os gráficos de afastamento ao ninho, de cada indivíduo (Anexo II), detetou-se um padrão semelhante entre irmãos. Desse modo, e para evidenciar o comportamento de afastamento do ninho, foram calculadas curvas tendência da distância ao ninho em relação à idade, para o período de dia, para cada território em cada ano. A curva tendência foi calculada usando apenas o período de dia pois é o período em que os indivíduos têm maior mobilidade e aquele para o qual há dados para todos os indivíduos.

As curvas de tendência foram efetuadas com o auxílio de Modelos Aditivos Generalizados (GAM), uma vez que as curvas padrão (*standard*) não se adequavam aos dados, utilizando-se por esse motivo o pacote “mgcv” do *software* R 3.2.3 (R Development Core Team), definindo-se um fator de suavização (*smoothing*) (k) de 5.

Caracterização dos movimentos exploratórios dos juvenis na “fase de dependência”

Para o estudo da caracterização dos movimentos exploratórios dos juvenis foram usados dados de seis indivíduos. Excluiu-se o indivíduo PTT_2014, pois apresentava uma frequência de obtenção de dados muito diferente dos restantes, o que não permitiu identificar as movimentações de um modo suficientemente claro.

Previamente e de modo a identificar os movimentos exploratórios mais significativos, definiu-se uma área em torno de cada ninho, consideradas as áreas de utilização mais regular por parte dos juvenis desse ninho. Essa área foi definida considerando a dispersão dos pontos de todos os indivíduos em cada ninho e tendo por base estudos realizados em Espanha (Madrño et al. 2004) que identificaram, em diferentes territórios, áreas com diferentes intensidades de uso. Nesse estudo (Madrño et al. 2004), a área mais pequena e de maior utilização por parte do casal correspondia à área de nidificação e tinha aproximadamente 1300 ha. Assim, criaram-se áreas de aproximadamente 1800 ha que incluíam entre 80 a 90% das localizações dos juvenis de cada ninho.

Posteriormente, identificaram-se todos os movimentos realizados pelos diferentes indivíduos que ultrapassavam os limites dessas áreas de utilização mais frequente de modo a considerar apenas as movimentações potencialmente mais relevantes para o comportamento de exploração do espaço. Cada conjunto de localizações sequenciais de saída e retorno ao ninho ou a um pouso frequente foi considerado um movimento de exploração distinto. Depois de identificadas todas as movimentações de cada indivíduo, foi determinada a direção seguida no início de cada uma dessas movimentações.

A direção dos movimentos de exploração foi definida como o ângulo, em relação ao norte geográfico, da primeira direção visível e consecutiva após a saída do pouso. A direção da movimentação de saída final (que representa o fim da “fase de dependência”) foi definida como a última movimentação em que não havia retorno ao ninho.

Foi também identificada a distância máxima atingida em cada movimentação e a duração de cada uma delas. Posteriormente, foram criados diagramas de rosa para cada indivíduo, no *software* Oriana 4.02 (Kovach 2011), contendo a direção das movimentações e a distância máxima percorrida, e histogramas, no *Microsoft Excel* (2013), com a distância máxima percorrida e a duração das movimentações.

Para perceber se a direção de saída final era influenciada pelos movimentos de exploração, foi comparada a direção média com a direção de saída final, de cada indivíduo. Desse modo, utilizou-se o teste emparelhado de Moore (R'). Para testar a uniformidade das direções das movimentações, de cada

indivíduo, utilizou-se o teste de Watson (U^2) para uma amostra e para comparar essas direções entre irmãos e entre anos diferentes do mesmo ninho utilizam-se testes de Watson (U^2), para duas amostras. Este teste calcula a qualidade de ajustamento dos dados (*goodness of fit*) face a uma distribuição (Fisher 1993; Mardia & Jupp 2000), neste caso a uniformidade. Todos estes testes foram realizados no *software* Oriana 4.02, específico para dados circulares (Kovach 2011).

Posteriormente, foram também testadas as diferenças entre irmãos, entre sexos e entre anos diferentes tanto para a distância máxima percorrida como para a duração das movimentações, usando-se testes de Mann-Whitney (U). Estes testes foram realizados no *software* SPSS Statistics 23 (Statistical Package Social Sciences).

Todas as análises estatísticas mencionadas foram realizadas considerando um nível de significância de 5%.

Utilização de pousos na “fase de dependência”

Para o estudo da utilização dos pousos foram usados apenas seis dos indivíduos, tendo sido excluído, novamente o indivíduo PTT_2014, pelos motivos já referidos.

O objetivo preliminar era identificar os pousos utilizados pelos juvenis, durante a “fase de dependência”. Para isso, filtraram-se os dados obtidos pelo GPS/GSM de modo a separar as localizações com velocidade nula, para os dois períodos, (dia e noite). Dado a diferença de frequência de dados entre os dispositivos de 2014 e 2015, filtraram-se os dados de 2015 de modo a obter frequências de dados iguais a 2014, ou seja, obter uma matriz de dados com uma frequência de pontos horária.

Todos os pontos com distância inferior a 40 metros foram considerados como representando o mesmo pouso secundário, uma vez que essa distância pode ser devida ao erro normal dos dispositivos. Posteriormente, identificaram-se para cada território todos os pousos utilizados por mais de três horas consecutivas pelo mesmo indivíduo, ou pousos usados em mais que um dia pelo mesmo indivíduo ou por indivíduos diferentes do mesmo território. Os pontos identificados representam assim os pousos de maior utilização pelos indivíduos, os quais serão referidos como pousos secundários, representando o ninho o pouso primário.

Para identificar os fatores ambientais que influenciam a seleção de pousos secundários, os pousos acima identificados (presenças), foram contrastados com pontos aleatórios, não utilizados pelos juvenis (ausências). Para limitar espacialmente a localização dos pontos aleatórios calculou-se, para cada território, áreas de utilização de 99%, com recurso ao *software* Open Jump HoRAE 1.7.1. Esta área foi gerada pelo método de Kernel com uma largura de banda normal (h_{ref}) (Blundell et al. 2001; Steiniger & Hunter 2012). De seguida, foram gerados os pontos aleatórios nas áreas obtidas, através das funcionalidades do *software* Quantum GIS 2.8.9. Estes foram gerados de modo a obter igual número de pousos de ausência e de pousos secundários (Poirazidis et al. 2004; López-López et al. 2007) para cada área, com a condição de distarem mais de 100 metros de pousos conhecidos.

Para todos os pousos identificados, em cada território, foram obtidas sete variáveis, listadas na Tabela 2.2. Estas variáveis foram escolhidas tendo em consideração a ecologia da espécie e as características que poderão ser mais relevantes para o seu comportamento.

Tabela 2.2 - Tabela resumo das variáveis escolhidas para o modelo e as suas principais características

Variável	Descrição	Categoria
dist.ninho	Distância de cada pouso ao ninho respetivo, em metros	Contínua
dist.rio	Distância à linha de água mais próxima, em metros	Contínua
Habitat	Habitat do local do pouso (área aberta, floresta, vegetação e outras áreas)	Categórica
Altitude	Altitude do terreno do local do pouso, em metros	Contínua
Declive	Declive do terreno no local do pouso, em graus	Contínua
Orientação	Orientação do local do pouso, em graus	Contínua
Tpi	Índice de Posição Topográfica (tpi), com raio de 500 metros em torno do ponto	Contínua

As distâncias foram medidas através do *software* Quantum GIS 2.8.9. As categorias de habitat foram definidas tendo por base a Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental para 2007 (COS 2007) e adaptadas, em número de classes e denominação (Anexo III), de modo a ajustar-se da melhor maneira ao número de pousos e à ecologia da espécie. Assim, foram definidas quatro categorias nas quais varia a disponibilidade de pousos naturais, ou seja, “florestas” com grande disponibilidade de pousos, “vegetação” com disponibilidade média, “áreas abertas” com pouca disponibilidade e “outras áreas”, classe que ocorre sobretudo na área de Mértola e representa principalmente áreas de pinhal pouco desenvolvido, e que por isso apresentam pousos potenciais mas de baixa qualidade.

As restantes variáveis (altitude, declive, orientação e índice de posição topográfica) são variáveis de terreno, extraídas de um Modelo Digital de Terreno (DEM) com resolução de 30 m x 30 m, utilizando o *software* Quantum GIS 2.8.9. Para o índice de posição topográfica (tpi) foi definido um raio de 500 m e aplicado um filtro gaussiano de raio 2 de modo a suavizar as diferenças abruptas entre pixels contíguos (Jenness 2007).

Efetuiu-se, um Modelo Linear Generalizado Misto (GLMM), que é um Modelo Linear Generalizado (GLM) ao qual são adicionados fatores aleatórios, que no caso deste estudo, foi o território de ocorrência dos pousos (Zuur et al. 2007; Zabala & Zuberogoitia 2014). Este modelo foi feito tendo por base as variáveis medidas para cada área (Mértola e Moura), de modo a prever que variáveis influenciam a presença de pousos utilizados por juvenis de águia-imperial-ibérica, recorrendo-se ao pacote “lme4” do *software* R 3.2.3. Foram excluídas do modelo variáveis altamente correlacionadas, ou seja, com uma correlação de Spearman superior a 0,7, tendo sido também evitada a inexistência de situações de multicolinearidade entre as variáveis (Titus & Mosher 1981; Miller et al. 2013).

Do mesmo modo, realizaram-se GLM com uma distribuição binomial, ou seja usando-se uma regressão logística (Peng et al. 2002; Bustamante & Seoane 2004; Zuur et al. 2007), para conseguir prever que variáveis influenciam a presença de pousos utilizados por juvenis de águia-imperial-ibérica, para cada área separadamente, também com recurso ao *software* R 3.2.3. Foi realizado novamente o teste de correlação de Spearman de modo a garantir a inexistência de correlação entre as variáveis.

A seleção dos modelos finais foi feita com recurso ao Critério de Informação de Akaike (AIC) (Balbontín 2005; Zabala & Zuberogoitia 2014), escolhendo-se aqueles que apresentavam um menor valor de AIC (Sakamoto et al. 1986; Zuur et al. 2007). Para testar o ajustamento dos dados aos modelos foi ainda calculada a área por baixo da curva (AUC) (Bustamante & Seoane 2004; Poirazidis et al. 2004). Por fim, testou-se o ajuste do modelo escolhido em relação ao modelo nulo, através de um *likelihood ratio test* (Kleinbaum & Klein 2010) e comparou-se, também, o valor do AIC. O modelo nulo é aquele que assume que não há preditores para a variável resposta (Peng et al. 2002) de modo a determinar o poder explicativo das variáveis no modelo (Wiens et al. 2006).

Não se optou pelo uso do parâmetro R^2 pois, apesar de ser a medida mais usada para testar o poder explicativo de GLM (Menard 2000), para modelos de distribuição binomial ainda não há uma técnica suficientemente robusta para o cálculo desse parâmetro (Menard 2000; Peng et al. 2002). Uma vez que os dados do modelo são dados espaciais, testou-se ainda, a existência de correlação espacial para o modelo final, de modo a garantir que esta não existia no modelo escolhido (Sokal 1978; Dormann et al. 2007).

Para todas as análises estatísticas realizadas foi considerado um nível de significância de 5%.

3. Padrões temporais durante a “fase de dependência”

3.1. Resultados

Os sete juvenis de águia-imperial-ibérica estudados iniciaram os primeiros voos para fora do ninho entre julho e agosto, correspondendo a idades entre os 73 e 105 dias (Tabela 3.1). No entanto, irmãos do mesmo ano têm uma maior proximidade dessas datas e idades (Tabela 3.1.). Ao comparar as datas de saída do território, verificou-se uma grande semelhança entre irmãos. Independentemente da data, as diferenças das idades de saída do território dos progenitores, entre irmãos, são concordantes com as diferenças relativas à data de eclosão (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Tabela resumo de datas e idades relativamente à marcação, saída do ninho e saída do território durante a “fase de dependência” dos sete indivíduos estudados

ID indivíduo	Ninhada	Idade de marcação (dias)	Data saída ninho	Idade saída ninho (dias)	Data saída território	Idade saída território (dias)
1_2014	Mértola_2014	55/56	05/08/2014	82/83	2/10/2014	140/141
2_2014	Mértola_2014	49	09/08/2014	80	01/10/2014	133
PTT_2014	Mértola_2014	53/54	09/08/2014	84/85	28/09/2014	134/135
3_2015	Moura_2015	50	09/07/2015	73	15/09/2015	141
4_2015	Moura_2015	51	16/07/2015	81	15/09/2015	142
9_2015	Mértola_2015	55	04/08/2015	105	21/09/2015	153
10_2015	Mértola_2015	55	31/07/2015	101	20/09/2015	152

Ao analisar os dados durante o período da noite detetou-se uma grande fidelidade ao local de pernoita, o que coincidiu com o ninho para a maioria dos indivíduos (com distâncias médias entre 9,25 m e 58,83 m, que coincidem largamente com o erro médio dos dispositivos). Contudo os indivíduos de 2014 pernoitam maioritariamente numa árvore, a aproximadamente 1000 m do ninho, e só ocasionalmente utilizaram o ninho no período da noite. Foram também detetadas, para outros indivíduos, distâncias de pernoita superiores a 100 km quando estes faziam movimentações maiores, ainda na “fase de dependência”.

As curvas de distância ao ninho de acordo com a idade, para o período de dia, permitem verificar que há um afastamento não-linear, mas progressivo, do ninho com o aumento da idade, para todos os grupos de irmãos (Figura 3.1). Comparando visualmente os gráficos verificam-se ligeiras diferenças entre ninhos e anos diferentes. No entanto e apesar das diferenças, é possível detetar algumas parecenças, nomeadamente no período final da “fase de dependência”.

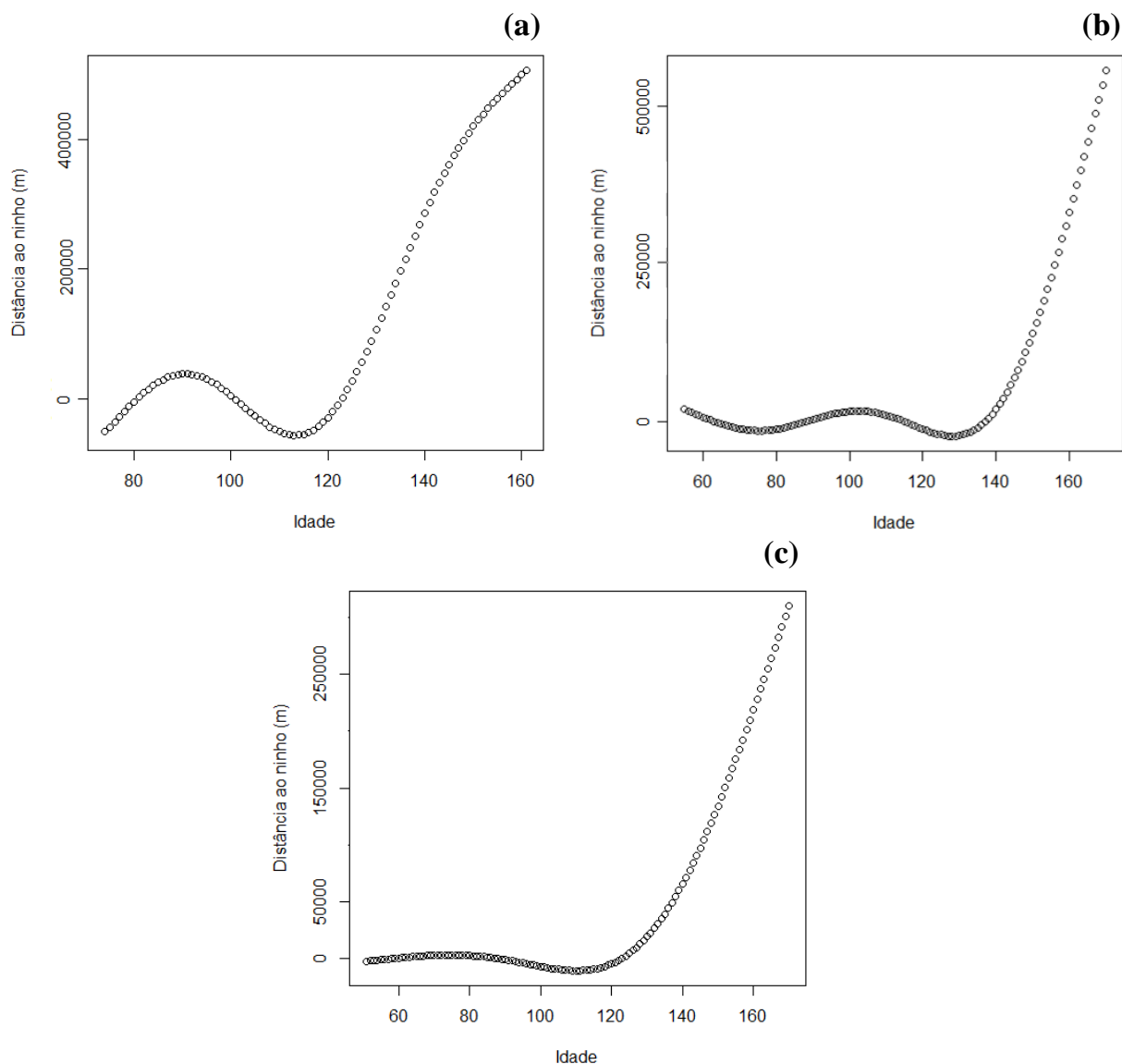


Figura 3.1 - Curvas tendência de distância ao ninho em função da idade dos juvenis, para cada ninhada, obtidas através da análise GAM ((a) - Mértola 2014 (3 indivíduos); (b) - Mértola 2015 (2 indivíduos); (c) - Moura 2015 (2 indivíduos))

3.2. Discussão

Neste capítulo pretendeu-se determinar os padrões gerais de idades dos primeiros voos e início da “fase de dispersão” de juvenis de águia-imperial-ibérica, recorrendo a dados obtidos por métodos de seguimento mais recentes (Fischer et al. 2013).

Os estudos já efetuados com o mesmo objetivo e para esta espécie são maioritariamente baseados no seguimento com radiotransmissores de juvenis no fim da década de 1980, na população do Parque Nacional de Doñana (Espanha) (Ferrer 1993e; Ferrer & Harte 1997; Muriel et al. 2016). Desta forma, este estudo torna-se uma mais-valia pois, ao ser realizado vários anos depois, com uma população distinta e métodos de marcação diferentes, poderá confirmar padrões, e permitir o estudo de temas difíceis de estudar com a metodologia anteriormente utilizada (Meyburg & Fuller 2007).

Relativamente aos primeiros voos, os resultados obtidos indicam que estes tenham tido início, aproximadamente, entre os 70 e os 100 dias de idade. No entanto, estudos já realizados para esta espécie

referem idades inferiores, entre os 60 e os 80 dias de idade (Alonso et al. 1987; González & Margalida 2008; Catry et al. 2010), sendo estas idades também constatadas em estudos com outras espécies de aves de rapina (Bustamante 1993; Watson 1997; Soutullo et al. 2006b). Esta diferença nas idades dos primeiros voos pode dever-se ao diferente desenvolvimento dos juvenis (Alonso et al. 1987; Bustamante 1993), bem como às diferentes metodologias utilizadas. Nos estudos referidos as idades de 1º voo foram aferidas visualmente e no nosso caso foi ajustado com recurso a dados de seguimento e às medianas móveis. No entanto, o uso desta abordagem mais conservativa prendeu-se com o facto de não ter sido possível confirmar esta fase do desenvolvimento dos juvenis no terreno.

Analizando as datas do fim da “fase de dependência” estas correspondem ao período já identificado em outros estudos (Del Hoyo et al. 1994; Cadahía et al. 2005; Soutullo et al. 2006a; González & Margalida 2008; Muriel et al. 2015) e, comparando com estudos anteriores são relativamente semelhantes (Alonso et al. 1987; Ferrer 1993b) (Tabela 3.2). No entanto, nestes estudos não são referidas as datas em que ocorrem as saídas. Também, o critério de aferição das idades de fim da “fase de dependência” foi feito tendo em consideração a distância dos indivíduos ao ninho (Tabela 3.2), e neste estudo foi feito com recurso a dados de seguimento remoto (GPS/GSM e GPS/PTT). Esses tornam possível identificar as distâncias de cada localização ao ninho com maior regularidade e por isso detetar com mais facilidade quando o indivíduo deixa de regressar ao ninho ou à sua proximidade.

Tabela 3.2 - Comparação entre as definições para a saída do ninho (fim da “fase de dependência”) e respetivas idades de juvenis, de populações espanholas, em estudos anteriores

Estudo	Definição do fim da “fase de dependência”	Nº indivíduos	Idades dos juvenis (dias)		
			Média	Mínimo	Máximo
Alonso <i>et al.</i> 1987	Idade quando saía permanentemente da área vital e ficava vários dias até 135 km desta	9	139	123	145
Ferrer 1993b	Idade quando saía da área de Doñana e estava a mais de 20 km do ninho	30	137	116	162
Neste estudo	Último dia do período da noite que se encontravam na proximidade do ninho	7	142	133	153

Extrapolando os critérios dos estudos acima referidos para os nossos dados, a idade dos juvenis no fim da “fase de dependência” varia entre 120 e 174 dias, segundo Alonso et al. (1987) e entre 108 e 127 dias, segundo Ferrer (1993b), correspondendo a uma idade média de 141 dias e 121 dias, respetivamente.

Em relação às diferenças identificadas entre indivíduos, relativamente às idades de saída do território eram expectáveis, considerando que a duração da “fase de dependência” em aves de rapina tende a ser mais variável entre indivíduos da mesma população, do que quando comparada com os períodos de incubação e de permanência do ninho (Newton 1979; Wood et al. 1998). Adicionalmente, as diferenças eram esperadas devido a dois fatores, identificados como determinantes para o fim da “fase de dependência”: o investimento por parte dos progenitores e o desenvolvimento das crias (Johnson 1986; Alonso et al. 1987; Ferrer 1992; Kenward et al. 1993). Estes fatores são um *trade-off*, entre o investimento dos progenitores para maximizar o sucesso reprodutor presente e futuro, e os juvenis que pretendem maximizar as suas probabilidades de sobrevivência até à idade reprodutiva, mesmo que diminua o sucesso dos progenitores em reproduções futuras (Trivers 1974; Alonso et al. 1987).

Os progenitores assumem assim, um papel predominante no término da “fase de dependência”, por deixarem de alimentar os juvenis (Ferrer 1992; Bustamante 1993), e também por exibirem comportamentos de agressividade para com estes (Alonso et al. 1987). A alimentação por parte dos progenitores é de grande importância, uma vez que em aves de rapina são poucos os registos de juvenis com comportamentos ativos de caça durante a “fase de dependência”(Ferrer 1992; Bustamante 1993; Wood et al. 1998).

Apesar de neste estudo a amostra ser demasiado pequena para fazer generalizações, com apenas três ninhadas, observou-se uma tendência, para as ninhadas maiores dispersarem com idades inferiores, o que está de acordo com o padrão geral descrito na literatura (Sharf & Balfour 1971; Bustamante & Hiraldo 1989; Muriel et al. 2015). O mesmo acontece para ninhadas que nascem mais tarde, possivelmente por restrições ao nível dos recursos (Ferrer 1992) ou por menor capacidade física (Muriel et al. 2015). A ninhada de Mértola 2014 ilustra as duas situações acima referidas, saindo com idades muito inferiores aos irmãos do ano seguinte, ainda que no limite temporal referido para a espécie (outubro) (Forsman 1999; Muriel et al. 2015). Contudo, e tal como é evidenciado pelos dados, indivíduos da mesma ninhada geralmente dispersam em datas semelhantes (Alonso et al. 1987; Bustamante & Hiraldo 1989; Ferrer 1993e), levando a que indivíduos mais novos dispersem com idades inferiores (Muriel et al. 2016), com uma diferença de idades semelhante à diferença entre os nascimentos (Tabela 3.1).

Relativamente aos dados do período da noite, estes mostram uma fidelidade ao ninho, por parte dos juvenis, que desaparece quando se inicia a “fase de dispersão”. Esta fidelidade é referida por Alonso et al. (1987) para a águia-imperial-ibérica e também por Wood et al. (1998) para a águia-de-cabeça-branca, *Haliaeetus leucocephalus* (Linnaeus, 1766), na Florida, EUA.

Já na distância ao ninho de acordo com a idade, tal como era expectável, verifica-se um aumento da distância com o aumento da idade dos juvenis (Alonso et al. 1987; Soutullo et al. 2006a; Cadahía et al. 2010; Hatton et al. 2015). Este aumento da distância ao ninho pode dever-se tanto ao desenvolvimento de uma maior capacidade de voo (Johnson 1986), como também devido a comportamentos de exploração na fase que precede a independência (Bustamante 1993; Soutullo et al. 2006a). Já as diferenças entre ninhadas, tal como já referido anteriormente, podem dever-se ao desenvolvimento diferencial entre elas (Johnson 1986; Alonso et al. 1987), bem como a fatores ambientais, como a direção do vento (Ferrer 1993d; Wood et al. 1998) que não foram possíveis de quantificar.

Os resultados deste estudo evidenciam padrões temporais já descritos para a espécie, em estudos realizados para a população do Parque Nacional de Doñana, uma população com características muito particulares (Bisson et al. 2002; Madroño et al. 2004; González et al. 2006b) mas, estudada há mais de dez anos (Ferrer & Harte 1997; López-López et al. 2011; Muriel et al. 2015). Deste modo, os padrões temporais evidenciados para a “fase de dependência” nestes estudos, poderão ser extrapolados para a população ibérica.

Este capítulo permitiu, assim, concluir que apesar da variação entre os juvenis, indivíduos da mesma ninhada aparentam ter padrões de desenvolvimento semelhantes durante a “fase de dependência”, tanto na data de saída do território como nas distâncias percorridas. Foi também possível confirmar que a distância dos juvenis ao ninho vai aumentando de modo não linear com o aumento da idade. No entanto, há uma aparente dependência do ninho por parte dos juvenis, sobretudo no período da noite, que termina com o início da “fase de dispersão”.

4. Caracterização dos movimentos exploratórios dos juvenis na “fase de dependência”

4.1. Resultados

Devido à qualidade dos dados, foi possível identificar, todos os movimentos de exploração efetuados por cada indivíduo, para fora da área de maior utilização, definida *a priori* (Figura 4.1). Foram identificados em média 23,83 movimentos de exploração por indivíduo, sendo o mínimo de 14 para o indivíduo 3_2015 e o máximo de 34 para o indivíduo 4_2015, ambos da ninhada de Moura 2015.

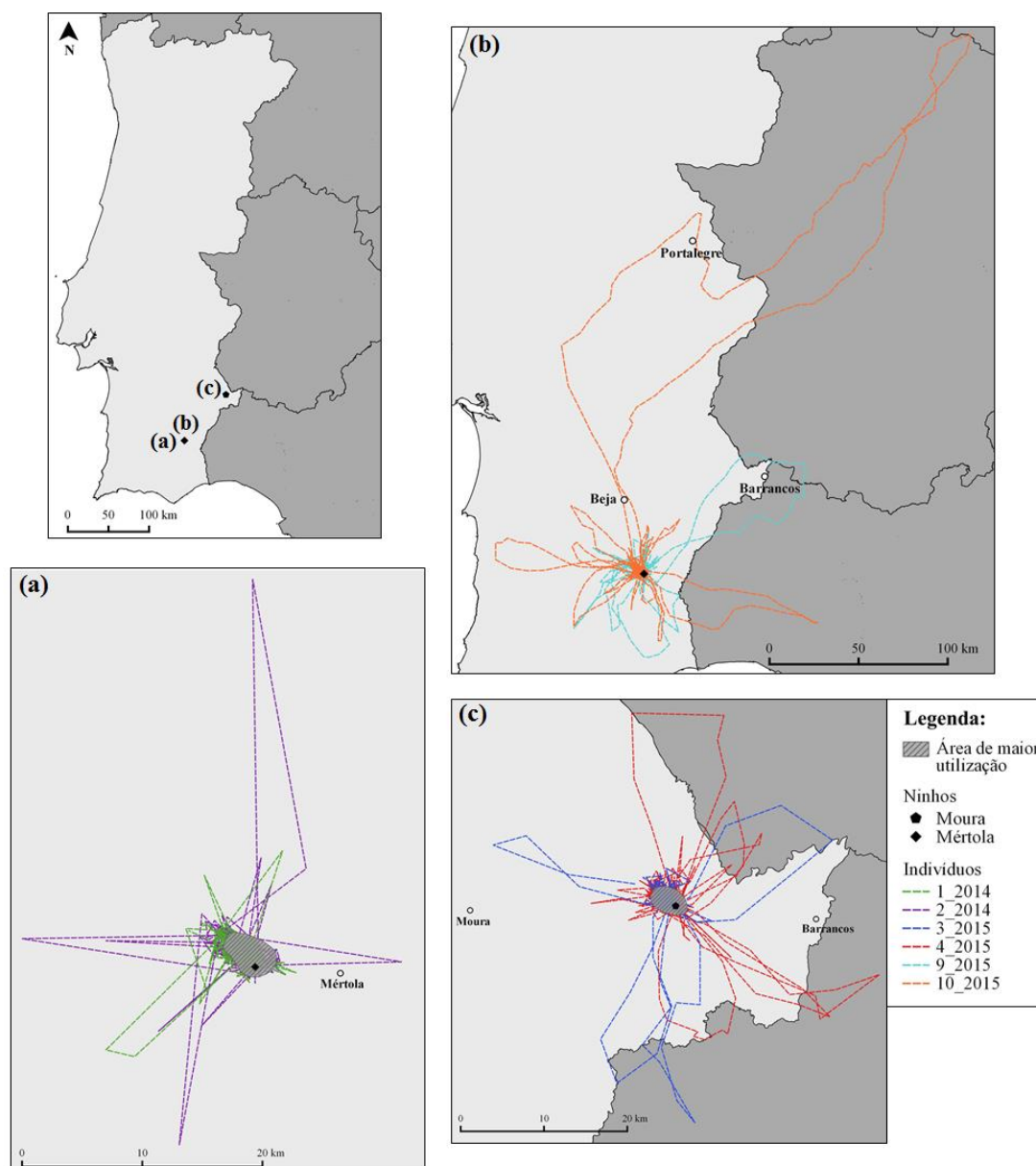


Figura 4.1 - Identificação da área de maior utilização bem como dos movimentos de exploração realizados para fora desta, por cada indivíduo, de cada ninhada a) Mértola 2014, b) Mértola 2015 e c) Moura 2015 (os mapas apresentados não contêm referências geográficas de modo a garantir a confidencialidade dos dados)

A direção média das movimentações dos seis juvenis estudados, bem como a direção de saída, no final da “fase de dependência”, são apresentadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Ângulos referentes às movimentações e à saída do território por parte dos indivíduos durante a “fase de dependência”

ID indivíduo	Ninhada	Direção média (°)	Desvio padrão circular (°)	Direção de saída (°)
1_2014	Mértola_2014	291,15	45,90	277,67
2_2014	Mértola_2014	299,58	60,60	285,29
3_2015	Moura_2015	290,65	73,76	182,77
4_2015	Moura_2015	290,57	76,19	357,64
9_2015	Mértola_2015	354,24	74,26	121,45
10_2015	Mértola_2015	320,77	73,45	106,92

O teste emparelhado de Moore, usado de modo a comparar o ângulo médio das movimentações com o ângulo da direção de saída, revela diferenças significativas entre estes ($R' = 1,12$, $p\text{-value} < 0,05$). É também visível que a direção de saída entre irmãos não é necessariamente igual.

O teste de Watson U^2 , que verifica a uniformidade das direções das movimentações dos indivíduos, revelou-se significativo para todos eles, tal como apresentado na Tabela 4.2, ou seja, nenhum dos indivíduos realiza uma exploração uniforme na área envolvente ao ninho aquando das suas movimentações.

Tabela 4.2 - Tabela resumo do teste de uniformidade de Watson (U^2), para cada indivíduo

ID indivíduos	Ninhada	U^2	p-value (<)
1_2014	Mértola_2014	0,47	0,005
2_2014	Mértola_2014	0,43	0,005
3_2015	Moura_2015	0,24	0,025
4_2015	Moura_2015	0,43	0,005
9_2015	Mértola_2015	0,32	0,005
10_2015	Mértola_2015	0,34	0,005

Os diagramas de rosa e os histogramas das figuras 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, mostram as direções, as distâncias máximas percorridas e as durações das movimentações para cada indivíduo.

É possível detetar uma variação temporal para as três variáveis apresentadas, tanto para a direção das movimentações como para a distância máxima percorrida e para a duração das movimentações para todos os indivíduos, não havendo um padrão visível para nenhuma delas.

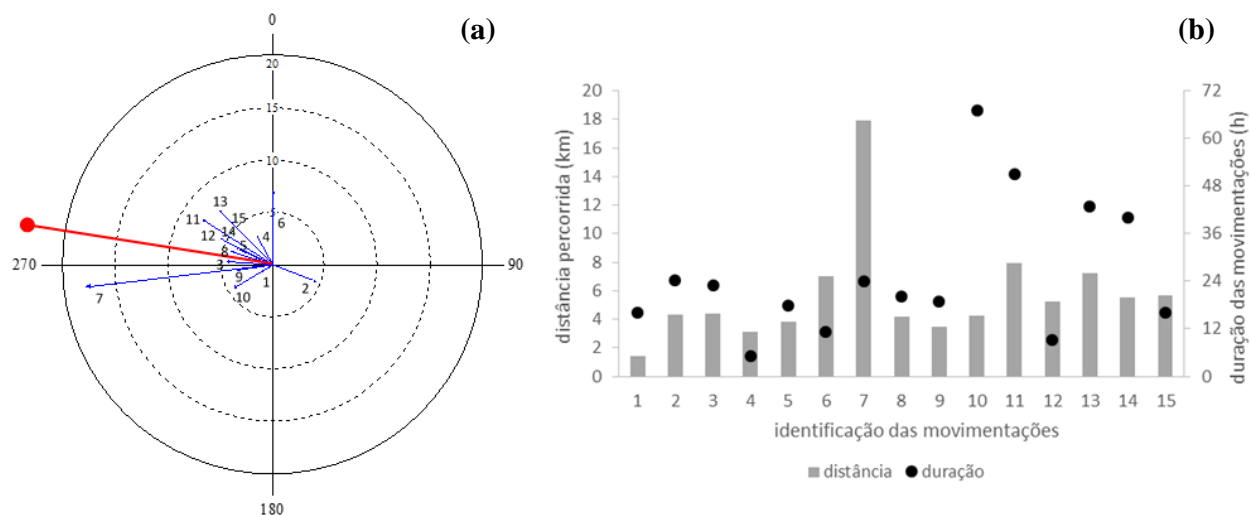


Figura 4.2 - Direção (°) (a), duração das movimentações (h) e distância máxima percorrida (km) (b) para o indivíduo 1_2014 (macho), da ninhada de Mértola, 2014 onde a vermelho está identificado o ângulo da movimentação de saída do território dos progenitores

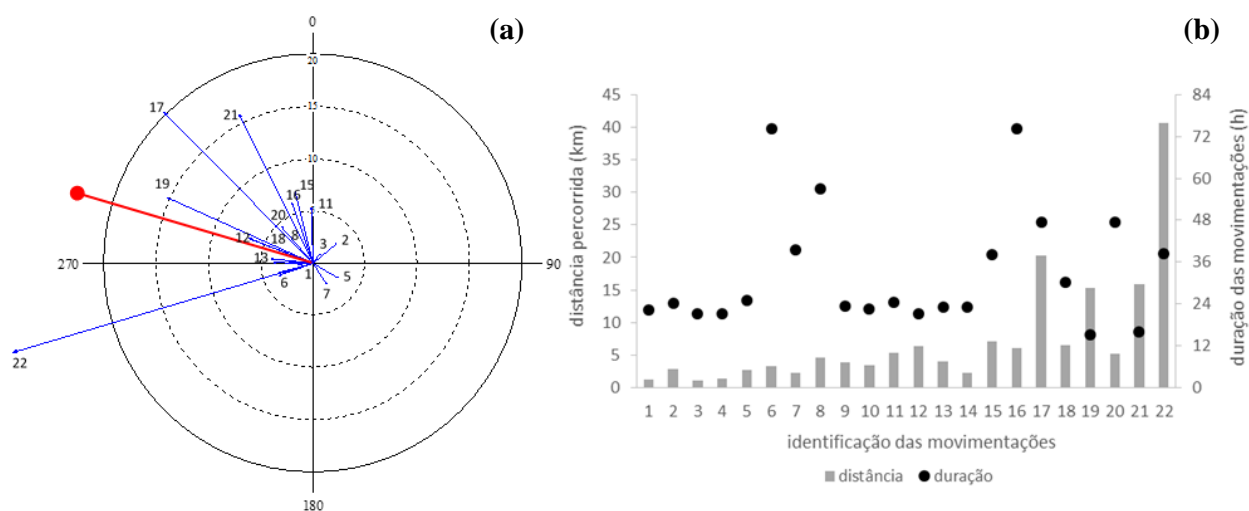


Figura 4.3 - Direção (°) (a), duração das movimentações (h) e distância máxima percorrida (km) (b) para o indivíduo 2_2014 (macho) da ninhada de Mértola 2014, onde a vermelho está identificado o ângulo da movimentação de saída do território dos progenitores

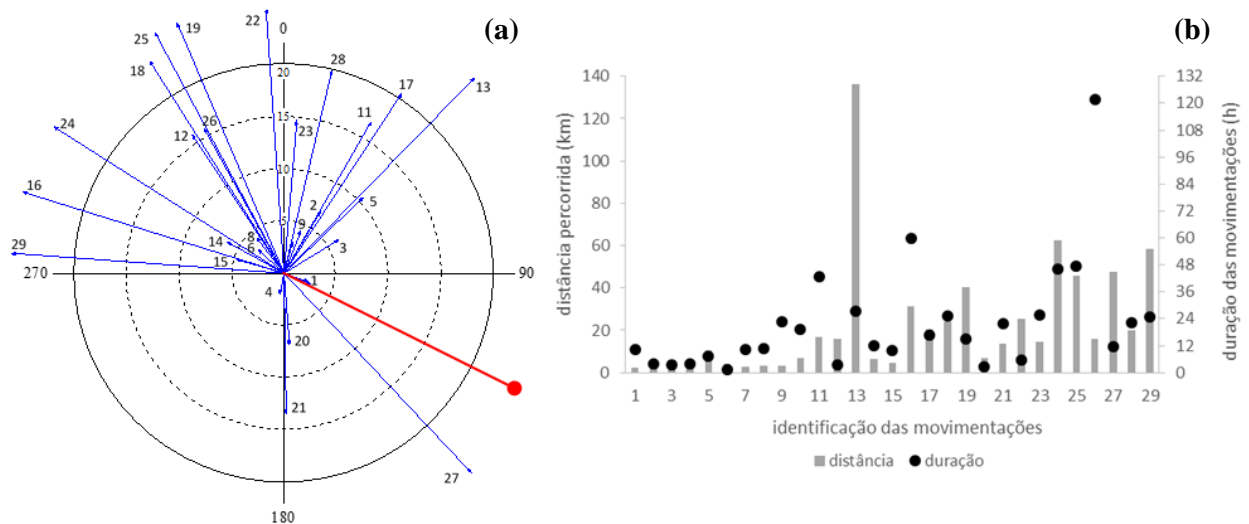


Figura 4.4 - Direção ($^{\circ}$) (a), duração das movimentações (h) e distância máxima percorrida (km) (b) para o indivíduo 9_2015 (macho) da ninhada de Mértola 2015, onde a vermelho está identificado o ângulo da movimentação de saída do território dos progenitores

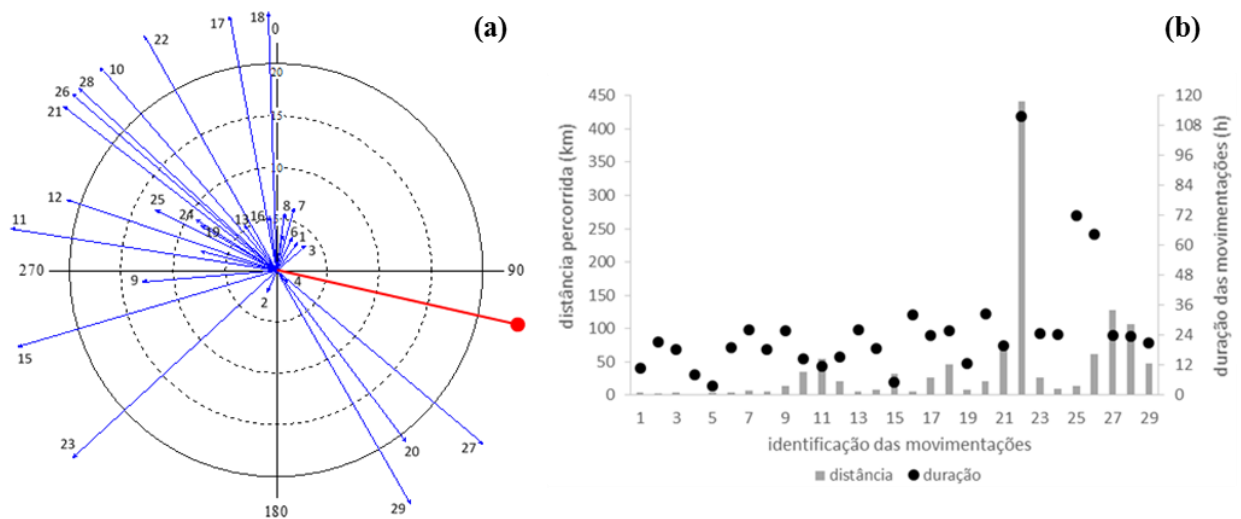


Figura 4.5 - Direção ($^{\circ}$) (a), duração das movimentações (h) e distância máxima percorrida (km) (b) para o indivíduo 10_2015 (fêmea) da ninhada de Mértola 2015, onde a vermelho está identificado o ângulo da movimentação de saída do território dos progenitores

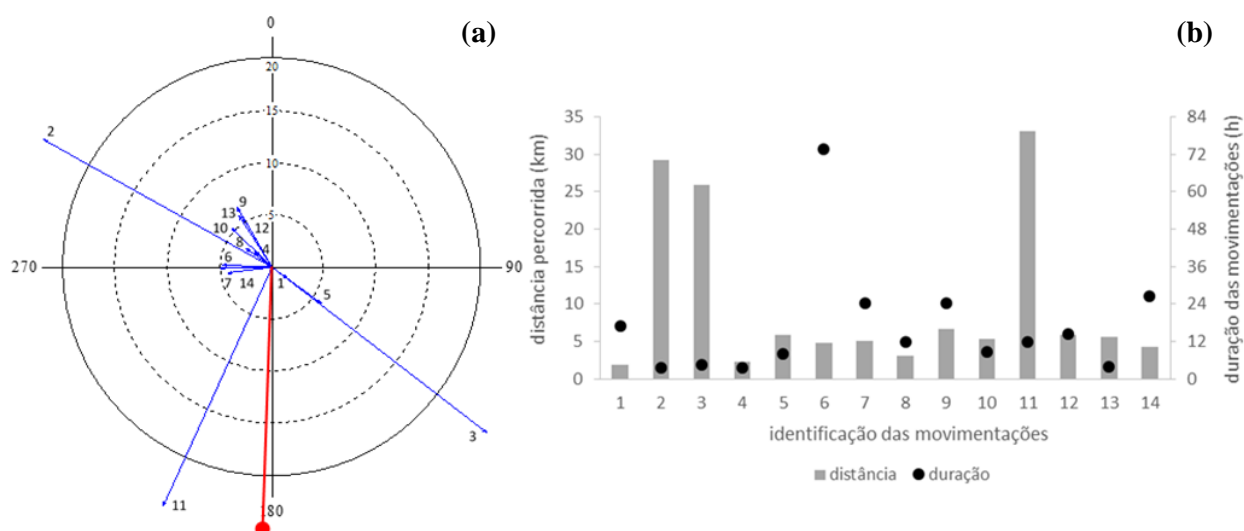


Figura 4.6 - Direção ($^{\circ}$) (a), duração das movimentações (h) e distância máxima percorrida (km) (b) para o indivíduo 3_2015 (macho) da ninhada de Moura 2015, onde a vermelho está identificado o ângulo da movimentação de saída do território dos progenitores

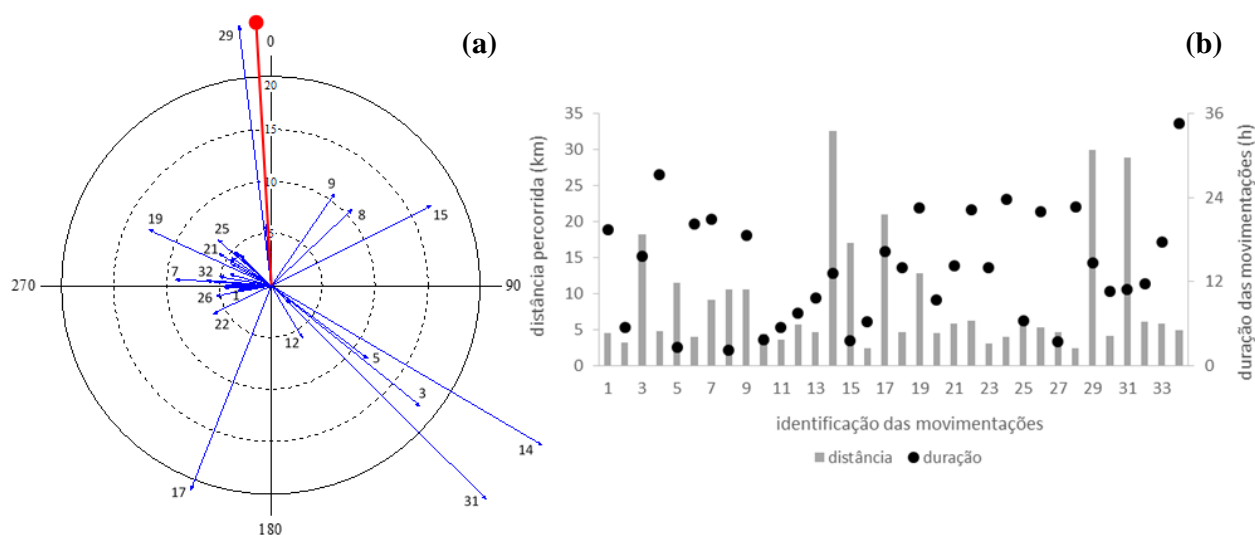


Figura 4.7 – Direção ($^{\circ}$) (a), duração das movimentações (h) e distância máxima percorrida (km) (b) para o indivíduo 4_2015 (fêmea) da ninhada de Moura 2015, onde a vermelho está identificado o ângulo da movimentação de saída do território dos progenitores

O teste de Watson U^2 realizado entre irmãos, de modo a comparar as direções das movimentações, não revela diferenças significativas em nenhuma das comparações (Mértola 2014: $U^2 = 0,05$, $p\text{-value} > 0,5$; Mértola 2015: $U^2 = 0,08$, $0,5 > p\text{-value} > 0,2$; Moura 2015: $U^2 = 0,05$, $p\text{-value} > 0,5$).

O mesmo se verifica quando realizado o teste de Mann-Whitney para comparação das distâncias máximas percorridas entre irmãos (Mértola 2014: $U = 145,00$, $p\text{-value} = 0,551$; Mértola 2015: $U = 377,00$, $p\text{-value} = 0,499$; Moura 2015: $U = 232,00$, $p\text{-value} = 0,892$). No entanto, apesar dos irmãos do ninho de Mértola 2014 serem semelhantes (Figura 4.8a), tanto os irmãos do ninho de Mértola 2015 como do ninho de Moura 2015 apresentam ligeiras diferenças (Figura 4.8b e c).

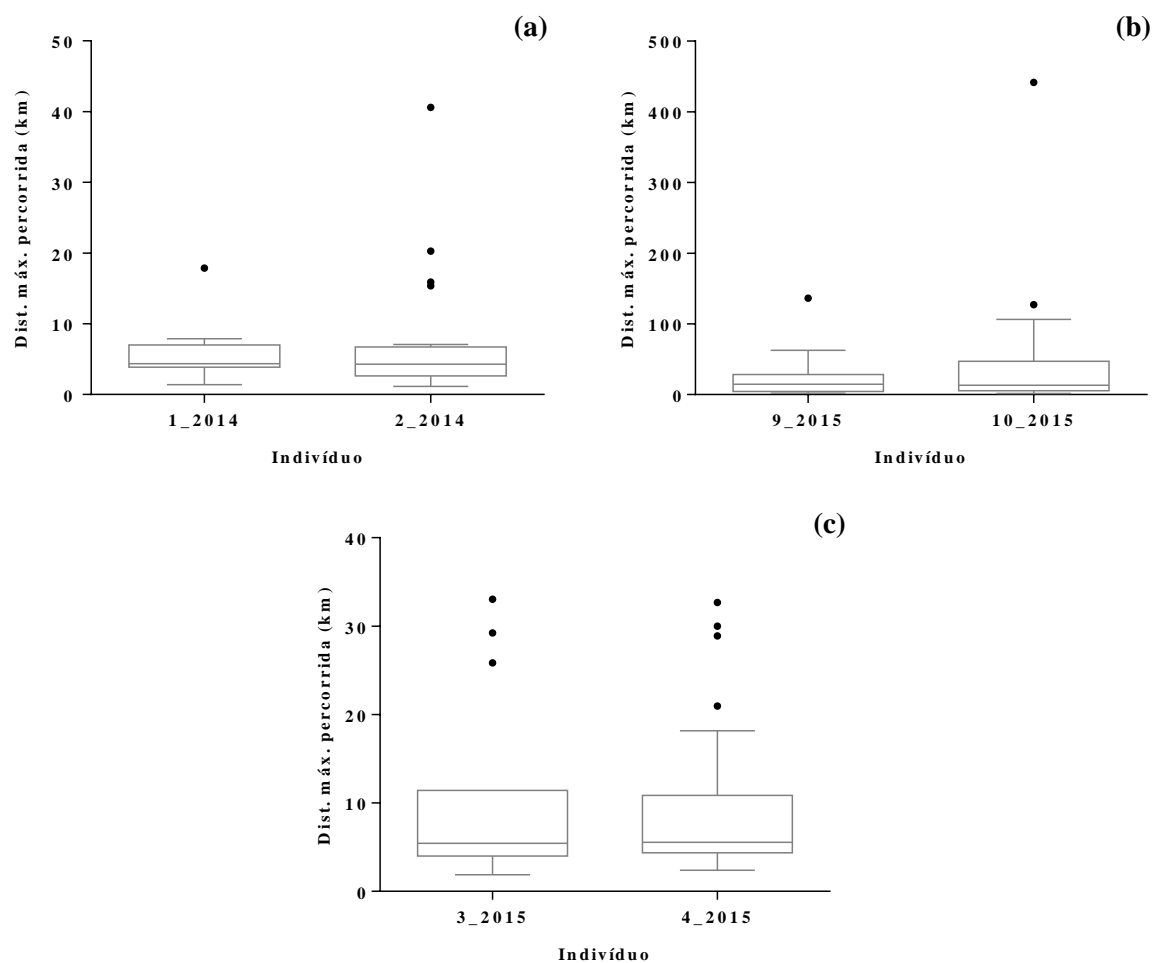


Figura 4.8 - Comparação da distância máxima percorrida pelos indivíduos de cada ninho ((a) - Mértola 2014, indivíduos 1_2014 e 2_2014; (b) - Mértola 2015, indivíduos 9_2015 e 10_2015; (c) - Moura 2015, indivíduos 3_2015 e 4_2015). Box-plots construídos com mediana, quartis, mínimos, máximos e outliers

O mesmo se verifica quando realizado o teste de Mann-Whitney para a duração das movimentações entre irmãos (Mértola 2014: $U = 108,00$, $p\text{-value} = 0,080$; Mértola 2015: $U = 318,00$, $p\text{-value} = 0,111$; Moura 2015: $U = 234,00$, $p\text{-value} = 0,928$), bem como a tendência detetada para a distância máxima percorrida (Figura 4.9).

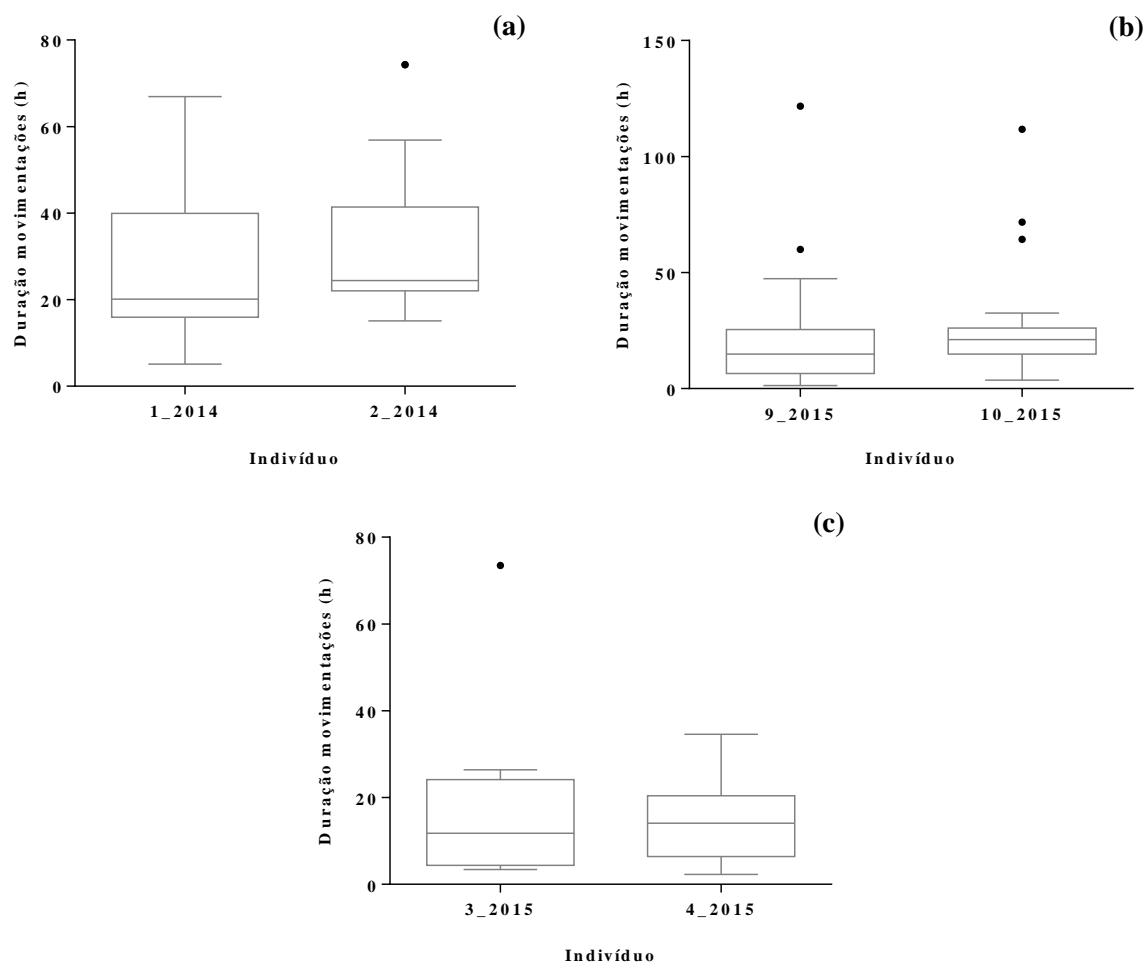


Figura 4.9 - Comparação da duração das movimentações dos indivíduos de cada ninho ((a) - Mértola 2014, indivíduos 1_2014 e 2_2014; (b) - Mértola 2015, indivíduos 9_2015 e 10_2015; (c) - Moura 2015, indivíduos 3_2015 e 4_2015). Box-plots construídos com mediana, quartis, mínimos, máximos e outliers

Para confirmar se as diferenças verificadas nas figuras 4.8 e 4.9 se deviam às diferenças entre o sexo dos indivíduos realizaram-se testes de Mann-Whitney. Estes não se revelaram significativos para a distância máxima percorrida ($U = 2103,00$, $p\text{-value} = 0,090$) nem para a duração das movimentações ($U = 2121,00$, $p\text{-value} = 0,105$).

Comparando-se as diferenças entre os irmãos do ninho de Mértola nos dois anos (2014 e 2015), estas revelaram-se significativos para todos os testes realizados: teste de Watson para a direção das movimentações ($U^2 = 0,25$, $p\text{-value} < 0,020$) e testes de Mann-Whitney para a distância máxima percorrida ($U = 538,00$, $p\text{-value} = 0,001$) e para a duração das movimentações ($U = 761,50$, $p\text{-value} = 0,017$).

4.2. Discussão

Este é o primeiro estudo a abordar de um modo mais completo a exploração do espaço e a movimentação de juvenis de águia-imperial-ibérica durante a “fase de dependência”; estudos neste âmbito são ainda em número reduzido para a generalidade das aves (White & Faaborg 2008; Bosch et al. 2010).

O fato da direção média das movimentações não estar relacionada com a direção de saída é suportado por estudos anteriores, que referem que os juvenis, durante a “fase de dependência” e o início da fase de dispersão, realizam voos exploratórios na área envolvente ao ninho, sem que estes influenciem a

direção de saída (Wood et al. 1998; Soutullo et al. 2006a; Hatton et al. 2015; Muriel et al. 2016). É durante estes voos exploratórios que os juvenis recolhem informação espacial e ambiental que poderá contribuir para a definição da direção de saída do território dos progenitores (Ferrer 1993b).

A não aleatoriedade das direções das movimentações observadas neste estudo era expectável, uma vez que em geral, a movimentação dos indivíduos no espaço não é uniforme nem é feita ao acaso. Esta pode ser influenciada tanto pelos locais frequentados pelos progenitores como por fatores ambientais e ecológicos, tais como a topografia do terreno e a direção do vento (Bustamante & Hiraldo 1989; Alerstam 2001; Jenness 2007; Fernández et al. 2009; Hatton et al. 2015), fatores que se alteram ao longo do tempo. Esses fatores também influenciam a direção de saída, tal como se constata na comparação da direção de saída entre irmãos, que não é necessariamente igual, tal como referido por Ferrer (1993c), para a população do Parque Nacional de Doñana (Espanha). No entanto, a direção de saída, pode estar associada a pistas ecológicas recolhidas durante as movimentações prévias e que podem variar entre os indivíduos.

As direções das movimentações para cada indivíduo não demonstram a existência de uma ordem específica na exploração do espaço, uma vez que as movimentações não são realizadas de modo espacialmente sequencial. A direção das movimentações pode, mais uma vez, estar relacionada com fatores ambientais, como a direção do vento (Ferrer 1993d), sendo que os juvenis aproveitam as condições ambientais existentes aquando do início da movimentação. O mesmo acontece com a distância máxima percorrida e a duração das movimentações: em nenhum dos casos se verifica um aumento progressivo das mesmas, contrariamente ao que é referido por Bustamante (1993), em Milhafre-preto, *Milvus migrans* (Boddaert, 1783). No entanto, neste estudo só foram quantificadas as saídas para fora da área de maior utilização e foram estudadas apenas as movimentações e não o desenvolvimento da capacidade de voo com a idade.

Em relação à duração das movimentações, por vezes verifica-se uma duração elevada quando comparada com a distância percorrida. Esta situação poderá ocorrer quando os juvenis permanecem, por longos períodos fora do ninho, em pousos secundários, o que segundo a definição de movimentação adotada para este estudo, faz aumentar a duração da movimentação. Também o tipo de voo utilizado pode influenciar a duração das movimentações (Bustamante 1993), sendo que estes vão sendo melhorados com o avanço da idade, de modo a minimizar o custo energético (Johnson 1986; Bustamante 1993; Thorup et al. 2003).

Comparando as direções das movimentações entre irmãos, estas revelaram-se, tal como era esperado, semelhantes. Este resultado está de acordo com o que foi referido no capítulo anterior e suportado por estudos anteriores, que referem que os irmãos têm, de um modo geral, comportamentos semelhantes durante a “fase de dependência” (Alonso et al. 1987; Muriel et al. 2016). O que também é verificado nos testes estatísticos para distância máxima percorrida e da duração das movimentações. Estas semelhanças podem dever-se ao facto dos irmãos estarem expostos aos mesmos fatores ambientais, sendo esse um fator determinante para as movimentações dos indivíduos, sendo as variações genéticas, intrínsecas a cada juvenil, um fator menos relevante (Ferrer 1993d).

Para a distância máxima percorrida e para a duração das movimentações também não foram detetadas diferenças significativas entre irmãos, possivelmente devido aos fatores já referidos. No entanto, detetaram-se tendências diferentes tanto na distância máxima percorrida como na duração das movimentações, entre irmãos nas ninhadas de Mértola 2015 e de Moura 2015 que podem ser devidas ao sexo dos indivíduos. No entanto, quando se testou as diferenças entre os indivíduos de sexo diferente essas não foram significativas, resultado não esperado, como explicado abaixo, mas que poderá ter sido influenciado, principalmente, pela amostra pequena, com apenas seis juvenis, dos quais apenas dois são fêmeas.

Era esperada uma diferença entre os sexos, na qual as fêmeas apresentassem distâncias máximas percorridas e durações das movimentações superiores aos machos. Este resultado era esperado, uma vez que durante a “fase de dispersão” as fêmeas tendem a dispersar para mais longe da área natal (Ferrer 1993b; Soutullo et al. 2006a, 2006b; Cadahía et al. 2010), que os machos. Já para a direção das movimentações era esperado o resultado obtido, uma vez que, tal como já referido, esta pode estar relacionada com fatores ambientais (Ferrer 1993d; Wu et al. 2000; Jenness 2007; Hatton et al. 2015). No entanto, as diferenças detetadas na “fase de dispersão” podem não ser tão evidentes na “fase de dependência”, havendo apenas indícios desse comportamento diferencial. Esse comportamento já foi verificado por Soutullo et al. (2006a) para juvenis de águia-real, e verifica-se neste estudo pela análise dos box-plot (Figuras 4.8 e 4.9).

Já quando são comparadas ninhadas do mesmo local de anos diferentes (Mértola 2014 e 2015), para as três variáveis em estudo, direção da movimentação, distância máxima percorrida e duração das movimentações, detetaram-se diferenças significativas para todas elas. Estes resultados podem sugerir que os fatores ambientais que influenciam os voos dos indivíduos sofreram alterações entre os dois anos em estudo. Ainda, tendo em consideração que a ninhada de Mértola 2014 nasceu mais tarde e recordando o capítulo anterior, é expectável que o desenvolvimento dos juvenis se faça de um modo mais acelerado pois iniciam a “fase de dispersão” com idades inferiores aos indivíduos de Mértola 2015, realizando menos movimentos exploratórios, com menor distância percorrida e duração.

Este estudo dos movimentos é de grande importância uma vez que, são poucos os estudos focados nesta fase do ciclo de vida, uma vez que geralmente são realizados estudos que abordam a migração das espécies (Alerstam 2001; Thorup et al. 2003; Weimerskirch et al. 2006; Jorge et al. 2011). Ainda, perceber de que modo é feito o uso do espaço por parte dos juvenis durante a “fase de dependência” pode trazer novos conhecimentos relativamente ao desenvolvimento dos juvenis, associado ao habitat em torno do ninho. No entanto, seria importante relacionar variáveis ambientais, como a direção do vento no início das movimentações e as correntes térmicas, para avaliar o seu papel como determinante das direções dos movimentos exploratórios na “fase de dependência”.

Seria também vantajoso perceber se os resultados obtidos para as direções e distâncias máximas percorridas são verificados nas áreas de assentamento, durante a “fase de dispersão”. Nesses locais, indivíduos de diferentes ninhadas estão sujeitos aos mesmos fatores, logo diferenças detetadas poderiam dever-se a diferenças intrínsecas aos próprios juvenis.

Podemos então concluir que a exploração do espaço por parte dos juvenis de águia-imperial-ibérica durante a “fase de dependência” é feita de um modo não aleatório não sendo possível identificar uma direção preferencial. No entanto, irmãos da mesma ninhada tendem a ter padrões de exploração do espaço semelhantes, tanto na direção das movimentações como na distância máxima percorrida, como na duração das movimentações. Apesar disso, irmãos de anos diferentes apresentam padrões distintos.

Por fim, apesar de machos e fêmeas não apresentarem diferenças significativas nas distâncias máximas percorridas ou na duração das movimentações, parece haver uma tendência para que as fêmeas realizem movimentações para distâncias superiores.

5. Utilização de pousos na “fase de dependência”

5.1. Resultados

No total foram identificados 63 pousos secundários, para a totalidade da área de estudo. Na área de Mértola foram identificados 38 pousos secundários, dos quais seis foram usados por dois indivíduos e três foram usados por três indivíduos (Figura 5.1a). Dos 38 pousos secundários quatro foram utilizados exclusivamente durante o período da noite (Tabela 5.1). Em Moura identificaram-se 25 pousos secundários (Figura 5.1b), dos quais oito foram usados pelos dois juvenis dessa área (Figura 5.1b) enquanto apenas um pouso foi usado exclusivamente durante o período da noite (Tabela 5.1).

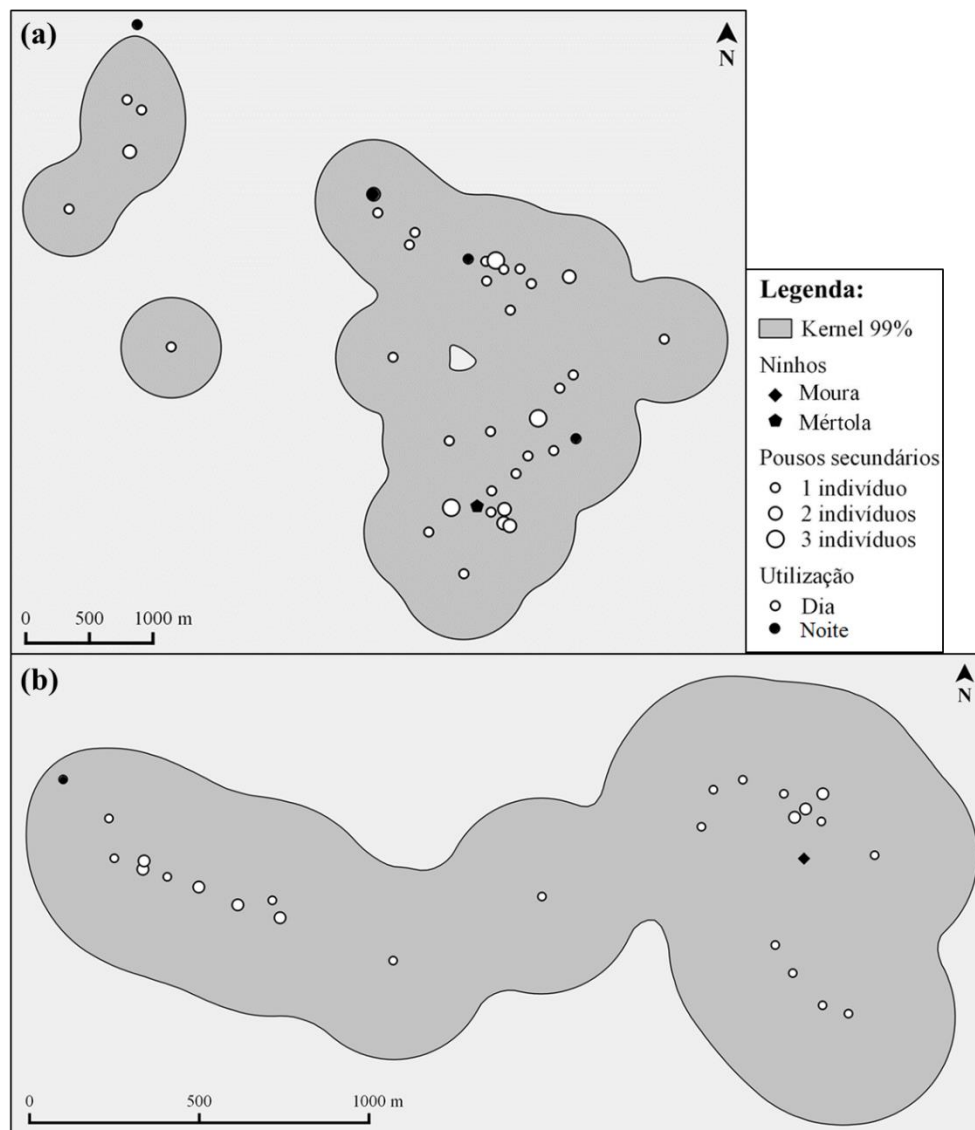


Figura 5.1 - Localização dos pousos secundários relativamente ao ninho em função do período do dia e do número de indivíduos que os utilizam, para as duas áreas de estudo ((a) Mértola e (b) Moura), bem como a área do Kernel 99% utilizado para gerar os pontos aleatórios (os mapas apresentados não contêm referências geográficas para não revelar a localização exata do ninho)

Em média, cada juvenil utilizou 13,83 pousos secundários durante a “fase de dependência”. Na área de Moura, os juvenis utilizaram, em média, mais pousos secundários (16,50) que os de Mértola (12,50) (Tabela 5.1). De um modo geral, os pousos localizavam-se em árvores (89%), mas na área de Mértola identificaram-se três pousos no chão e quatro em pinhal (Tabela 5.1). Os pousos no chão estão

localizados em pontos destacados em relação à envolvente (com maior índice de posição topográfica). Os pousos em pinhal foram considerados em separado, uma vez que as árvores desses locais são pouco desenvolvidas e pouco espaçadas entre si.

Tabela 5.1 - Tabela do uso de pousos secundários por cada indivíduo e período de utilização (dia ou noite) e tipo de pouso (árvore, chão ou pinhal)

Indivíduo	Território	Nº pousos secundários	Período do dia		Tipo de pouso		
			Dia	Noite	Árvore	Chão	Pinhal
1_2014	Mértola	9	8	1	8	-	1
2_2014	Mértola	18	16	2	14	2	2
3_2015	Moura	14	14	-	14	-	-
4_2015	Moura	19	18	1	19	-	-
9_2015	Mértola	12	10	2	11	1	-
10_2015	Mértola	11	11	-	9	1	1

Os pousos secundários da área de Mértola localizam-se na proximidade de linhas de água, a uma altitude média de 130m e com declive moderado/baixo (Tabela 5.2); 45% estão localizados na categoria de habitat “vegetação”, 34% na “floresta”, 8% na “área aberta” e 13% em “outras áreas”.

Para a área de Moura os pousos secundários, em geral estão localizados junto ao rio, a uma altitude média de 150m e com declive moderado (Tabela 5.2), estando a maioria localizados na categoria de habitat “floresta” (92%), com os restantes localizados na categoria “vegetação” (8%).

Tabela 5.2 - Tabela resumo dos valores médios dos pousos secundários e dos pousos aleatórios para as duas áreas de estudo

Modelo	Variáveis	Pousos secundários		Pousos aleatórios	
		Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Mértola	Distância ninho (m)	2060,43	1582,28	2293,31	1329,37
	Distância rio (m)	364,91	283,99	407,73	307,64
	Altitude (m)	134,55	59,54	108,84	43,94
	Declive (°)	11,28	6,69	9,02	6,31
	Orientação (°)	212,82	94,04	173,07	103,20
Moura	Distância ninho (m)	1224,19	1007,32	1371,34	286,96
	Distância rio (m)	113,14	63,27	286,96	152,26
	Altitude (m)	158,00	21,08	162,72	22,78
	Declive (°)	16,14	8,45	7,07	4,19
	Orientação (°)	86,36	88,59	176,67	108,48

Realizando o GLMM com os dois territórios, a probabilidade de ocorrência de pousos aumenta significativamente com a ocorrência de florestas e de áreas de vegetação, bem como com o aumento do declive e do índice de posição topográfica (tpi), diminuindo com o aumento da distância ao rio (Tabela 5.3). A probabilidade de ocorrência de pousos na área de estudo, diminui 0,51 vezes ($\exp(-0,68)$) com cada metro de aumento da distância ao rio e aumenta em 8,46 vezes ($\exp(2,14)$) com o aumento de floresta, 15,83 vezes ($\exp(2,76)$) com o aumento de área com vegetação, 1,87 vezes ($\exp(0,62)$) com

cada grau de aumento do declive e 2,08 vezes ($\exp(0,73)$) com o aumento do índice de posição topográfica (tpi).

Tabela 5.3 - Resultados estatísticos para o GLMM (binomial) relativos à seleção de pousos secundários por juvenis de águia-imperial-ibérica, assumindo o território de proveniência dos juvenis (Mértola e Moura) como fator aleatório (evidenciando as variáveis com p-value <0,05)

Modelo	Variáveis	Estimador	Error padrão	z value	p-value
Geral	interseção	-1,80	0,66	-2,75	0,006
	dist.ninho	0,01	0,26	0,02	0,986
	dist.rio	-0,68	0,32	-2,10	0,036
	habitat (floresta)	2,14	0,77	2,79	0,005
	habitat (vegetação)	2,76	0,81	3,42	0,001
	habitat (outro)	1,15	0,95	1,21	0,226
	altitude	-0,07	0,44	-0,17	0,866
	declive	0,62	0,26	2,44	0,015
	orientação	-0,03	0,23	-0,13	0,901
	tpi	0,73	0,36	2,06	0,040

Para o *likelihood ratio test*, os resultados revelaram-se significativos ($\chi^2 = 45,48$; p-value < 0,001), ou seja, o modelo escolhido ajusta-se melhor aos dados do que o modelo nulo.

Quando realizados os GLM para cada área separadamente, na área de Mértola a probabilidade de ocorrência de pousos secundários aumenta significativamente com o aumento do índice de posição topográfica (tpi) e diminui com a ocorrência de áreas abertas e de outros habitats (Tabela 5.4). A probabilidade de ocorrência de pousos secundários, para a área de estudo aumenta 1,40 vezes ($\exp(0,33)$) com o aumento do índice de posição topográfica (tpi) e diminui em 0,16 vezes ($\exp(-1,81)$) com o aumento de área aberta e em 0,21 vezes ($\exp(-1,57)$) com o aumento de outros habitats.

Já para a área de Moura a probabilidade de ocorrência de pousos secundários aumenta significativamente com a diminuição da distância ao rio, e aproximadamente com o aumento do índice de posição topográfica (tpi) (Tabela 5.4). A probabilidade de ocorrência de pousos diminui em 0,98 vezes ($\exp(-0,02)$) em cada metro de aumento da distância ao rio e aumenta, ainda que de modo não significativo, 2,49 vezes ($\exp(0,91)$) com o aumento de cada unidade do índice de posição topográfica (tpi).

Tabela 5.4 - Resultados estatísticos para os GLM (binomial) relativos à seleção de pousos secundários por juvenis de águia-imperial-ibérica, para cada uma das áreas de estudo (Mértola e Moura) (evidenciando as variáveis com p -value < 0,05)

Modelo	Variáveis	Estimador	Error padrão	z value	p-value
Mértola	interseção	0,66	0,93	0,71	0,478
	dist.ninho	-0,01	0,01	0,61	0,540
	dist.rio	-0,01	0,01	-1,14	0,255
	habitat (área aberta)	-1,81	0,81	-2,23	0,026
	habitat (floresta)	-0,48	0,78	-0,62	0,537
	habitat (outro)	-1,57	0,72	-2,20	0,028
	declive	0,01	0,05	0,30	0,767
	orientação	0,01	0,01	1,19	0,234
	tpi	0,33	0,16	2,06	0,040
Moura	interseção	-16,05	2658,00	-0,01	0,995
	dist.ninho	0,01	0,01	-0,09	0,930
	dist.rio	-0,02	0,01	-2,12	0,034
	habitat (floresta)	18,58	2658,00	0,01	0,994
	habitat (vegetação)	19,33	2658,00	0,01	0,994
	declive	0,14	0,10	1,36	0,175
	orientação	-0,01	0,01	-0,94	0,347
	tpi	0,91	0,50	1,82	0,068

O *likelihood ratio test*, revelou resultados significativos tanto para a área de Mértola ($\chi^2 = 21,15$, p -value = 0,007), como para a área de Moura ($\chi^2 = 44,54$, p -value < 0,001). Desta forma, é possível verificar que os modelos escolhidos ajustam-se melhor aos dados do estudo do que o modelo nulo. Os restantes testes de ajustamento dos modelos são apresentados na tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Testes de ajuste dos três modelos, relativos à seleção de pousos secundários no geral das duas áreas e para cada área (Mértola e Moura), separadamente

	Desvio nulo	Desvio de resíduos	AIC nulo	AIC	AUC
Geral	-	-	178,67	151,19	0,84
Mértola	105,36	84,21	107,36	102,21	0,79
Moura	69,32	24,78	71,32	40,78	0,97

Os valores obtidos confirmam que os modelos escolhidos tanto para o modelo geral como para as duas áreas, Mértola e Moura, se ajustam melhor aos dados do que os respetivos modelos nulos e que têm percentagens elevadas de ajuste aos dados (todas superiores a 75%).

5.2. Discussão

O estudo da seleção dos pousos secundários durante a “fase de dependência” surgiu na sequência dos dois capítulos anteriores, onde se confirmou a elevada duração da “fase de dependência” desta espécie sem que, segundo estudos anteriores, se detetassem comportamentos regulares de caça por parte dos

juvenis (Bustamante 1993; Wood et al. 1998; Muriel et al. 2015). No entanto, sabe-se que os juvenis não permanecem toda a “fase de dependência” no ninho, usando por isso outros pousos além desse. Este é o primeiro trabalho a estudar a seleção de pousos por parte dos juvenis, durante a “fase de dependência”, o que é facilitado pelo uso de dispositivos que registam as localizações com uma elevada resolução temporal e espacial (Kie et al. 2010; Hatton et al. 2015; Mutwiri 2016).

Constatou-se uma diferença, ainda que ligeira, nas características gerais dos pousos escolhidos entre os dois locais, o que poderá estar relacionado com diferenças, entre as duas áreas de estudo (ICNF n.d.a, n.d.b; IGeoE 2010). Também o número de pousos secundários identificados para as duas áreas é diferente, muito possivelmente devido ao maior número de juvenis estudados na área de Mértola e em dois anos.

Relativamente aos resultados do GLMM e apesar das diferenças já referidas entre as duas áreas de estudo (ICNF n.d.a, n.d.b; IGeoE 2010), os resultados do modelo estão de acordo com o que era esperado inicialmente. A floresta e a área de vegetação assumem um peso bastante relevante na análise, uma vez que, segundo as quatro categorias utilizadas, estas duas categorias são aquelas que possuem maior percentagem de estrato arbóreo (IGeoE 2010), ou seja, com mais pousos secundários disponíveis. Também é expectável que o declive e o índice de posição topográfica (tpi) estejam relacionados com a presença de pousos, uma vez que locais com um maior declive e/ou destacados em relação à área envolvente permitem às aves de rapina um maior campo de visão e, também, levantar voo com mais facilidade. Este poderá ser um fator de particular importância durante a “fase de dependência”, uma vez que por estarem a desenvolver as suas capacidades de voo (Johnson 1986; Thorup et al. 2003), os juvenis aproveitam mais as características topográficas e ambientais (Ferrer 1993d; Balbontín 2005; Jenness 2007).

A diminuição da probabilidade de ocorrência de pousos secundários com o distanciamento ao rio é um resultado semelhante ao de estudos realizados para a nidificação de outras espécies de aves de rapina que associam o aumento da distância ao rio com a menor probabilidade de nidificação das espécies (Titus & Mosher 1981; Capelo et al. 2008; Miller et al. 2013). Para além disso, junto a linhas de água há uma maior prevalência de árvores de maior porte, ou seja, poderão ser locais de ocorrência de pousos secundários de melhor qualidade (Palma 1995).

Um fator que poderia também influenciar a seleção de pousos seria a orientação das encostas, uma vez que orientações diferentes podem levar à formação de correntes térmicas diferentes (Balbontín 2005). No entanto, no período de vida estudado os juvenis estão ainda a desenvolver a capacidade de uso de correntes térmicas, com o desenvolvimento dos voos de *soaring*, pelo que não é expectável que façam um uso tão intenso das correntes térmicas como os juvenis em dispersão ou os adultos (Balbontín 2005). Outra possível explicação para a ausência de um efeito da orientação das encostas é o relevo pouco acentuado da área de estudo (tabela 5.2), que minimiza a existência de correntes térmicas em relação à orientação (Titus & Mosher 1981). Também em estudos de nidificação, desta e outras espécies de aves de rapina, e apesar da importância das correntes térmicas para as aves de rapina, a orientação das encostas não foi identificada como fator de influência para a seleção de locais de nidificação (Titus & Mosher 1981; Poirazidis et al. 2004; López-López et al. 2007).

Quando analisadas as duas áreas de estudo separadamente, os resultados obtidos diferem, ainda que sem contrariar os resultados obtidos para o GLMM. Para a área de Mértola o índice de posição topográfica (tpi) foi identificado como uma das variáveis positivamente correlacionada com a probabilidade de ocorrência de pousos secundários. Este resultado era expectável já que quanto maior o índice de posição topográfica (tpi) do pouso, mais elevado está esse local em relação à área envolvente (que no nosso estudo se refere a um raio de 500 m) (Dickson & Beier 2006; Jenness 2007), aumentando o campo de visão e a facilidade em levantar voo novamente. Também a redução da probabilidade de ocorrência de

pousos em áreas abertas ou de outros habitats era esperada, uma vez que estas duas categorias representam os habitats com uma menor prevalência de árvores, ou seja, menos disponibilidade de pousos altos que os juvenis possam usar (González et al. 1990; Bisson et al. 2002). A categoria “outros habitats”, apesar de corresponder, em grande parte, a novas plantações de pinheiros, estes são ainda pouco desenvolvidos (IGeoE 2010), pelo que tendem a ser menos usados.

Quando analisada a área de Moura, apenas a distância ao rio aparece como variável com influência estatisticamente significativa na probabilidade de ocorrência de pousos secundários. Esta variável pode estar relacionada com a presença de árvores de maior porte junto ao rio (Palma 1995). Em relação aos habitats, nenhuma categoria apresentou influência na ocorrência de pousos secundários, muito provavelmente pela elevada expressão de floresta nesta área (> 50%). Também, se for considerado que as áreas com um coberto arbóreo significativo (“floresta” e “vegetação”) ocupam mais de 85% da área de estudo, a existência de pousos adequados, está largamente disponível na área de Moura.

Já a distância ao ninho não é considerada em nenhum dos modelos como variável relevante, talvez porque os juvenis estejam mais dependentes dos locais de caça e pouso dos progenitores, para alimentação (Alonso et al. 1987; Fernández et al. 2009).

As variáveis identificadas como relevantes, para a seleção de pousos secundários, são em vários casos semelhantes às variáveis identificadas em estudos anteriores para a seleção de locais de nidificação, desta e outras aves de rapina (González et al. 1992; Bustamante & Seoane 2004; Poirazidis et al. 2004; Balbontín 2005). Esta semelhança poderá sugerir uma seleção de características ambientais e topográficas que beneficiem os indivíduos em todas as fases do ciclo de vida, como por exemplo, locais que permitam uma maior facilidade a levantar voo.

Os resultados deste estudo são potencialmente importantes para a gestão da disponibilidade de pousos nas áreas de nidificação de águia-imperial-ibérica. No entanto, esta gestão ganharia com a realização de estudos complementares. Por exemplo, considerando que a maioria dos pousos secundários, independentemente do habitat, se localizavam em árvores (89%), seria importante identificar as características das árvores selecionadas como pousos (Krüger 2002; Nishida et al. 2013; Tanferna et al. 2013). Também, considerando que os indivíduos fazem a seleção do uso de espaço, podia-se analisar outras variáveis ambientais, como a existência de correntes térmicas, potenciais habitats de caça dos progenitores na proximidade dos pousos escolhidos e também fatores de influência humana (González et al. 1992; Bisson et al. 2002; López-López et al. 2007; Capelo et al. 2008). O estudo de outras escalas de habitat permitiria considerar fatores associados à mortalidade dos indivíduos.

De ressaltar que a abundância de coelho-bravo poderá influenciar largamente a seleção dos locais de pouso por parte dos juvenis, podendo estes ser na proximidade de áreas de grande abundância e que correspondem a territórios de caça dos progenitores (Forsman 1999). A importância desta variável foi já verificada para os territórios de reprodução (González et al. 1990; Fernández et al. 2009), bem como nas áreas de assentamento (Ferrer & Harte 1997; Balbontín 2005). No entanto, não foi possível obter dados de abundância desta espécie para a totalidade da área de estudo e desse modo optou-se por não incluir a variável. Caso se tivessem esses dados, seria expectável que os pousos se localizassem na proximidade de ecótonos entre áreas abertas e arbustivas, que deverão corresponder a áreas de maior abundância de coelho-bravo (Delibes-Mateos et al. 2008).

O uso de variáveis de influência antropogénica, foi considerado para este estudo, mas dado o baixo número de pousos secundários identificados optou-se por não incluir essas variáveis. No entanto, são variáveis que deveriam ser consideradas em estudos futuros (González et al. 1990; Bustamante 1997).

Em resumo, com este estudo concluiu-se que a seleção de pousos parece ser influenciada por fatores topográficos (declive e índice de posição topográfica) e fatores ambientais (habitat) que podem permitir

aos juvenis uma maior facilidade em levantarem voo. A nível topográfico, destacam-se declives mais acentuados e locais destacados em relação à envolvente. Já em relação ao ambiente, parece haver uma seleção de habitats com uma maior disponibilidade de árvores. No entanto, é de notar que este estudo focou-se apenas na área imediata dos pousos secundários analisados.

6. Considerações finais

Este é o primeiro trabalho a caracterizar os padrões de movimentação de juvenis de águia-imperial-ibérica, permitindo complementar o conhecimento já existente sobre a “fase de dependência” nesta espécie (Alonso et al. 1987; Ferrer 1992, 1993d; Muriel et al. 2015, 2016).

Geralmente, os estudos de indivíduos não reprodutores desta espécie focam-se no “período de dispersão” (Ferrer 1993b, 1993d, 1993e; González et al. 2006b; Muriel et al. 2016), ou seja o período após os juvenis saírem do território dos progenitores (Ferrer 1993b). No entanto, compreender os comportamentos durante a “fase de dependência” pode ajudar a compreender comportamentos durante o “período de dispersão” e na escolha de locais de nidificação. Assim, tirando partido de novas tecnologias, como os dispositivos de seguimento por satélite, foi possível estudar as movimentações realizadas pelos juvenis desta espécie durante a “fase de dependência”, comparando os comportamentos entre diferentes indivíduos, o que geralmente, não é abordado (Alonso et al. 1987; Ferrer 1992, 1993d, 1993e).

Neste estudo verificou-se que as variáveis de seleção dos pousos secundários durante a “fase de dependência” são semelhantes às variáveis identificadas em estudos nas áreas de assentamento (Ferrer & Harte 1997; Balbontín 2005) e na seleção dos territórios de nidificação (González et al. 1992), tais como o declive da área, o tipo de habitat da envolvente e a distância a linhas de água. No entanto, uma vez que os juvenis não caçam durante a “fase de dependência” (Bustamante 1993; Wood et al. 1998; Muriel et al. 2015), poderão fazer um uso do espaço diferente dos progenitores. Assim, o estudo do comportamento espacial dos juvenis pode ajudar a definir áreas de proteção mais adequadas na envolvente dos ninhos, bem como identificar potenciais ameaças e fatores de perturbação aos mesmos.

Este estudo é importante, pois contribui com informação para a definição de critérios de áreas críticas e sensíveis mais adequados, em torno dos ninhos, beneficiando não só o casal reprodutor, mas também os seus juvenis, durante a “fase de dependência”. Adicionalmente, permite, através do estudo de ninhadas de diferentes territórios, adequar as áreas e períodos críticos para cada território, maximizando, assim, o sucesso reprodutor da espécie (Grupo de Trabalho para a águia-imperial-ibérica 2015). Por exemplo, na área de estudo de Mértola, a área crítica (de 800 metros) deverá ser adaptada, de modo a ter em consideração o uso intensivo de árvores a cerca de 1060 m do ninho, que é feito pelos juvenis de 2014 e de 2015, podendo este local representar um local de repouso importante.

Em relação ao período mais sensível, este estende-se, atualmente desde a postura dos ovos (meados de fevereiro), até ao fim de agosto (LIFE Imperial 2016). No entanto, e tendo em consideração os resultados deste estudo, os juvenis dependem do ninho e da área envolvente a este durante toda a “fase de dependência”, assim o período de maior proteção deverá estender-se até ao fim desta fase, ou seja, no início de outubro.

Relativamente à área crítica para a conservação da espécie, durante a reprodução, esta parece ser adequada para o ninho de Moura. No entanto, como já foi referido, no ninho de Mértola essa área deverá ser estendida, de modo a abranger o pouso de uso mais intensivo.

Seria também importante saber as características das árvores utilizadas como pousos de modo a poder criar protocolos de proteção às mesmas e a outras árvores de características semelhantes na área de estudo. No entanto, áreas com grande cobertura arbórea com declive acentuado e destacada em relação à envolvente deverão ser áreas a ter em consideração aquando da definição das áreas críticas em torno do ninho.

Tendo este estudo incluindo irmãos, foi também possível perceber se havia diferenciação no desenvolvimento e nos comportamentos dos mesmos. Complementando estes resultados com o

conhecimento adquirido em estudos anteriores (Alonso et al. 1987; Ferrer 1992), permitiu constatar que irmãos do mesmo ano aparentam ter um desenvolvimento e comportamentos semelhantes, durante a “fase de dependência”. Esta informação poderá ser importante na definição de áreas críticas e para realizar ações de vigilância. Permite também que no futuro se possa maximizar o número de ninhos estudados, diminuindo o número de crias marcadas por ninho. Esta alteração no plano de marcação de juvenis permitirá estudar a influência do local de nascimento no comportamento dos juvenis na “fase de dispersão”.

Apesar da importância do seguimento de indivíduos de espécies prioritárias, os custos associados aos dispositivos de satélite, tornam a amostra disponível para estudo reduzida, limitando-se a sete indivíduos neste estudo. Este constrangimento leva a que os resultados deste estudo e a sua interpretação devam ser feitos com precaução, uma vez que poderá não representar a generalidade da população ibérica. No entanto, os resultados são concordantes com estudos realizados anteriormente em Espanha (Alonso et al. 1987; Ferrer 1992, 1993d; Muriel et al. 2015).

Também a impossibilidade de medição de variáveis de campo, como as variáveis referentes à estrutura dos pousos secundários selecionados, e também as variáveis ambientais e topográficas que influenciam a direção dos voos foram restrições a este estudo. No entanto, os resultados obtidos permitem, ainda que de forma pouco detalhada, identificar áreas de maior importância durante a “fase de dependência” além da área do ninho. Possíveis áreas relevantes serão, áreas de declives mais acentuados ou destacadas em relação à envolvente, com presença de estrato arbóreo significativo que permita aos juvenis estabelecer pousos adequados.

Seria vantajoso continuar o estudo dos movimentos de águia-imperial-ibérica, tanto durante a “fase de dependência” como durante o “período de dispersão”, pois o conhecimento destes movimentos é ainda muito incompleto (White & Faaborg 2008; Bosch et al. 2010). A identificação dos fatores que influenciam a escolha das direções poderia contribuir para a definição de novos protocolos de gestão, associados ao uso do espaço. No entanto, para aumentar a robustez dos resultados obtidos seria vantajoso aumentar o número de juvenis e de territórios estudados.

Seria, ainda, relevante continuar o seguimento destes e outros juvenis, de modo a identificar as áreas de assentamento utilizadas, e a complementar a informação já existente (Madrño et al. 2004). Após a identificação das áreas de assentamento, seria vantajoso entender como é feita a utilização dessas áreas e quais as variáveis que contribuem para a sua seleção (Ferrer 1993c; Ferrer & Harte 1997; Balbontín 2005).

Tendo em consideração que é durante a “fase de dispersão” que os indivíduos estão expostos a mais ameaças e que as áreas de assentamento têm uma menor proteção (Penteriani et al. 2005; López-López et al. 2011), seria relevante fazer um estudo identificando os fatores de ameaça com maior expressividade nas áreas de assentamento. Assim, seria possível implementar medidas de gestão e proteção adequadas para essas áreas e que maximizassem o número de indivíduos que atingem a idade da primeira reprodução. Por exemplo, selecionando os indivíduos, os pousos mais destacados em relação à área envolvente (maior tpi), é necessário ter especial atenção à presença de apoios de linhas elétricas nas áreas de assentamento, uma vez que são propícias a serem usadas como pouso, podendo causar mortalidade significativa (Haas et al. 2003).

Devido às restrições de custo e da tecnologia de seguimento atuais, é difícil seguir os indivíduos desde a idade juvenil até à idade de reprodução. No entanto, quando tal for possível, poder-se-ia tentar relacionar as variáveis selecionadas nos primeiros meses de vida com as variáveis de seleção dos locais de reprodução. Esses resultados permitiriam desenvolver estratégias e implementar medidas de gestão

a médio e longo prazo, que promovessem a fixação de indivíduos de águia-imperial-ibérica em áreas históricas de ocorrência e novas áreas com condições para tal.

Apesar das limitações deste estudo, as suas conclusões permitem criar uma base de apoio à revisão e implementação de medidas de gestão na área envolvente ao ninho. Essas medidas beneficiarão não só o casal reprodutor, mas também os seus juvenis durante a “fase de dependência”, aumentando a sua probabilidade de sobrevivência. Além disso, este estudo criou a base para estudos semelhantes nas áreas de assentamento, o que permitirá aumentar em muito o conhecimento do “período de dispersão” da espécie. Adicionalmente, perceber como é feito o uso e seleção das áreas de assentamento, torna possível a implementação de medidas de gestão que contribuam para o aumento da população de águia-imperial-ibérica.

7. Referências¹

- Alerstam, T. 2001. Evaluation of long-distance orientation in birds on the basis of migration routes recorded by radar and satellite tracking. *Journal of Navigation* **54**: 393-403.
- Alonso J.C., Gonzales L.M., Heredia B. and Gonzalez J.L. 1987. Parental care and the transition to independence of Spanish Imperial Eagles *Aquila heliaca* in Doñana National Park, southwest Spain. *Ibis* **129**: 212-224.
- Anker-Nilssen T. and Aarvak T. 2009. Satellite telemetry reveals post-breeding movements of Atlantic puffins *Fratercula arctica* from Rost, North Norway. *Polar Biology* **32**: 1657-1664.
- Balbontín, J. 2005. Identifying suitable habitat for dispersal in Bonelli's eagle: An important issue in halting its decline in Europe. *Biological Conservation* **126**: 74-83.
- BirdLife International. 2013. *Aquila adalberti*. The IUCN Red List of threatened species 2013. Disponível em <http://www.iucnredlist.org> (acedido a 26 de setembro de 2016)
- BirdLife International. 2016. Species factsheet: *Aquila adalberti*. Disponível em <http://www.birdlife.org> (acedido a 10 de setembro 2016).
- Bisson I.A., Ferrer M. and Bird D.M.. 2002. Factors influencing nest-site selection by Spanish Imperial Eagles. *Journal of Field Ornithology* **73**: 298-302.
- Blanco H. & Pacheco C. 2003. O regreço da Águia-imperial-ibérica *Aquila adalberti* como nidificante a Portugal. Resumos do IV Congresso de Ornitologia da Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves e II Jornadas Ibéricas de Ornitologia. Pp. 111. Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves/Sociedad Española de Ornitología, Aveiro.
- Blundell G.M., Maier J.A.K. and Debevec E.M.. 2001. Linear home ranges: effects of smoothing, sample size and autocorrelation on kernel estimates. *Ecological Monographs* **71**:469-489.
- Bosch R., Real J., Tintó A., Zozaya E.L. and Castell C. 2010. Home-ranges and patterns of spatial use in territorial Bonelli's Eagles *Aquila fasciata*. *Ibis* **152**: 105-117.
- Bucciarelli B., Taff L.G. and Lattanzi M.G.. 1993. A generalization of the moving mean. *Journal of Statistical Computation and Simulation* **48**: 29-46.
- Bunnefeld N., Börger L., Van Moorter B., Rolandsen C.M., Dettki H., Solberg E.J. and Ericsson G.. 2011. A model-driven approach to quantify migration patterns: Individual, regional and yearly differences. *Journal of Animal Ecology* **80**: 466-476.
- Bustamante, J. 1993. Post-fledging dependence period and development of flight and hunting behaviour in the Red Kite *Milvus milvus*. *Bird Study* **40**: 181-188.
- Bustamante, J. 1997. Predictive model for Lesser kestrel *Falco naumanni* distribution, abundance and extinction in southern Spain. *Biological Conservation* **80**: 153-160.
- Bustamante, J. and Hiraldo F. 1989. Post-fledging dependence period and maturation of flight skills in the Black Kite *Milvus migrans*. *Bird Study* **36**: 199-204.
- Bustamante J. and Seoane J. 2004. Predicting the distribution of four species of raptors (Aves: Accipitridae) in southern Spain: Statistical models work better than existing maps. *Journal of Biogeography* **31**: 295-306.

¹ Segundo a Conservation Biology

- Cabral, M.J. (coord.), Almeida J., Almeida P.R, Dellinger T., Ferrand de Almeida N., Oliveira M.E., Palmeirim J.M., Queiroz A.I., Rogado L. and Santos-Reis M. (eds.) 2005. Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal. Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa.
- Cadahía L., López-López P., Urios V. and Negro J.J.. 2010. Satellite telemetry reveals individual variation in juvenile Bonelli's eagle dispersal areas. *European Journal of Wildlife Research* **56**: 923-930.
- Cadahía L., Urios V. and Negro J.J. 2005. Survival and movements of satellite-tracked Bonelli's Eagles *Hieraetus fasciatus* during their first winter. *Ibis* **147**: 415-419.
- Cadahía L., Urios V. and Negro J.J. 2007. Bonelli's Eagle *Hieraetus fasciatus* juvenile dispersal: hourly and daily movements tracked by GPS. *Bird Study* **54**: 271-274.
- Cain, M.L. 1989. The analysis of angular data in ecological field studies. *Ecology* **70**: 1540-1543.
- Capelo M., Onofre N., Rego F., Monzón A., Faria P. and Cortez P.. 2008. Modelação da Presença de Aves de Rapina Diurnas em Pinhais Bravos do Norte e Centro de Portugal. *Silva Lusitana* **16**: 45-62.
- Catry P., Costa H., Elias G. and Matias R.. 2010. Aves de Portugal: Ornitologia do território continental. Assirio & Alvim, Lisbon.
- Cooper, W.E. 2016. Directional escape strategy by the striped plateau lizard (*Sceloporus virgatus*): turning to direct escape away from predators at variable escape angles. *Behaviour*: 1-19.
- Del Hoyo J., Elliot A. and Sargatal J. 1994. Handbook of the birds of the world, Vol. 2. Lynx Edicions, Barcelona, Spain.
- Delibes-Mateos M., Ferreras P. and Villafuerte R.. 2008. Rabbit populations and game management: the situation after 15 years of rabbit haemorrhagic disease in central-southern Spain. *Biodiversity and Conservation* **17**: 559-574.
- Dickson B.G. and Beier P. 2006. Quantifying the influence of topographic position on cougar (*Puma concolor*) movement in southern California, USA. *Journal of Zoology* **271**: 270-277.
- Dormann, C.F. *et al.* 2007. Methods to account for spatial autocorrelation in the analysis of species distributional data: a review. *Ecography* **30**: 609-628.
- Fernández M., Oria J., Sánchez R., Gonzalez L.M. and Margalida A. 2009. Space use of adult Spanish Imperial Eagles *Aquila adalberti*. *Acta Ornithologica* **44**: 17-26.
- Ferrer, M. 1992. Regulation of the period of postfledging dependence in the Spanish Imperial Eagle *Aquila Adalberti*. *Ibis* **134**: 128-133.
- Ferrer, M. 1993a. El aguila imperial. *Quercus*.
- Ferrer, M. 1993b. Juvenile dispersal behaviour and natal philopatry of a long-lived raptor, the Spanish Imperial Eagle *Aquila adalberti*. *Ibis* **135**: 132-138.
- Ferrer, M. 1993c. Reduction in hunting success and settlement strategies in young Spanish Imperial Eagles. *Animal Behaviour* **45**: 406-408.
- Ferrer, M. 1993d. Wind-influenced juvenile dispersal of Spanish Imperial Eagles. *Ornis Scandinavica* **24**: 330-333.

- Ferrer, M. 1993e. Ontogeny of dispersal distances in young Spanish Imperial Eagles. *Behavioral Ecology and Sociobiology* **32**: 259-263.
- Ferrer M. and Harte M. 1997. Habitat selection by immature Spanish Imperial Eagles during the dispersal period. *The Journal of Applied Ecology* **34**: 1359-1364.
- Fischer J.W., Walter W.D. and Avery M.L. 2013. Brownian bridge movement models to characterize birds' home ranges. *The Condor* **115**: 298-305.
- Fisher, N.I. 1993. Statistical analysis of circular data. Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge, UK.
- Forsman, D. 1999. The raptors of europe and the middle east. A handbook of field identification. Poyser, London.
- Ginsberg, H. 1986. Honey bee orientation behaviour and the influence of flower distribution on foraging movements. *Ecological Entomology* **11**: 173-179.
- González L.M., Arroyo B.E., Margalida A., Sánchez R. and Oria J. 2006a. Effect of human activities on the behaviour of breeding Spanish Imperial Eagles (*Aquila adalberti*): management implications for the conservation of a threatened species. *Animal Conservation* **9**: 85-93.
- González L.M., Bustamante J. and Hiraldo F. 1990. Factors influencing the present distribution of the Spanish Imperial Eagle *Aquila adalberti*. *Biological Conservation* **51**: 311-319.
- González L.M., Bustamante J. and Hiraldo F. 1992. Nesting habitat selection by the Spanish Imperial Eagle *Aquila adalberti*. *Biological Conservation* **59**: 45-50.
- González L.M. and Margalida A. 2008. Biología de la conservación del Águila Imperial Ibérica (*Aquila adalberti*). Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Marino y Rural, Madrid, Spain.
- González L.M., Margalida A., Mañosa S., Sánchez R., Oria J., Molina J.I., Caldera J., Aranda A. and Prada L. 2007. Causes and spatio-temporal variations of non-natural mortality in the Vulnerable Spanish Imperial Eagle *Aquila adalberti* during a recovery period. *Oryx* **41**: 495-502.
- González L.M., Oria J., Margalida A., Sánchez R., Prada L., Caldera J., Aranda A. and Molina J.I. 2006b. Effective natal dispersal and age of maturity in the threatened Spanish Imperial Eagle *Aquila adalberti*: conservation implications: Capsule dispersive capacity appears sufficient to stablish natural re-occupation of the former range. *Bird Study* **53**: 285-293.
- Grupo de Trabalho para a Águia-imperial-ibérica. 2015. Estratégia para a conservação da Águia-imperial-ibérica *Aquila adalberti* em Espanha e Portugal.
- Haas D., Nipkow M., Fiedler G., Schneider R., Haas W. and Schurenberg B. 2003. Protecting birds from powerlines: a practical guide on the risks to birds from electricity transmission facilities and how to minimise any such adverse effects. Council of Europe, Strasbourg.
- Hatton F., Olsen J. and Gruber B. 2015. Post-fledging spatial use by a juvenile Wedge-tailed Eagle *Aquila audax* using satellite telemetry. *Corella* **39**: 53-60.
- Holden, C. 2006. Inching toward movement ecology. *Science* **313**: 779 e 782.
- Horne J.S., Garton E.O., Krone S.M. and Lewis J.S. 2007. Analyzing animal movements using brownian bridges. *Ecology* **88**: 2354-2363.
- ICNF. (n.d.a). ZPE continente: Mourão/Moura/Barrancos. Disponível em www.icnf.pt (acedido a 10 de setembro 2016).

- ICNF. (n.d.b). ZPE continente: Vale do Guadiana. Disponível em www.icnf.pt (acedido a 10 de setembro 2016).
- ICNF. (n.d.c). ZPE continente: Castro Verde. Disponível em www.icnf.pt (acedido a 10 de setembro 2016).
- ICNF. (n.d.d). Águia-imperial-ibérica. Disponível em www.icnf.pt (acedido a 8 setembro 2016).
- IGeoE. 2010. Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental para 2007 (COS 2007). Memória descritiva.
- Jenness, J. 2007. Some thoughts on analyzing topographic habitat characteristics. Page Jenness Enterprises; Flagstaff. AZ; USA.
- Johnson, S.J. 1986. Development of hunting and self-sufficiency in juvenile Red-tailed Hawks (*Buteo jamaicensis*). Raptor Research **20**: 29-34.
- Jorge P.E., Sowter D. and Marques P.A. M. 2011. Differential annual movement patterns in a migratory species: effects of experience and sexual maturation. PLoS ONE **6**: e22433.
- Kenward, R.E. 2001. A manual for wildlife radio tagging. Academic Press, London.
- Kenward R.E., Marcström V. and Karlbom M. 1993. Post-nestling behaviour in goshawks, *Accipiter gentilis*: I. The causes of dispersal.
- Kie J.G., Matthiopoulos J., Fieberg J., Powell R. A., Cagnacci F., Mitchell M.S., Gaillard J.M. and Moorcroft P.R. 2010. The home-range concept: are traditional estimators still relevant with modern telemetry technology? Philosophical transactions of the Royal Society of London **365**: 2221-2231.
- Kleinbaum D.G. and Klein M. 2010. Maximum likelihood techniques: An overview. Pages 103-127 Logistic Regression. Springer New York, New York.
- Kovach, W. 2011. Oriana users's manual version 4. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, UK.
- Krüger, O. 2002. Analysis of nest occupancy and nest reproduction in two sympatric raptors: common buzzard *Buteo buteo* and goshawk *Accipiter gentilis*. Ecography **25**: 523-532.
- Leys C., Ley C., Klein O., Bernard P. and Licata L. 2013. Detecting outliers: Do not use standard deviation around the mean, use absolute deviation around the median. Journal of Experimental Social Psychology **49**: 764-766.
- LifeImperial. 2016. Conservação da Águia-imperial-ibérica em Portugal. Disponível em <http://www.lifeimperial.lpn.pt/> (acedido a 7 de setembro 2016).
- López-López P., Ferrer M., Madero A., Casado E. and McGrady M. 2011. Solving man-induced large-scale conservation problems: the Spanish Imperial Eagle and power lines. PLoS ONE **6**.
- López-López P., García-Ripollés C., Soutullo Á., Cadahía L. and Urios V. 2007. Identifying potentially suitable nesting habitat for golden eagles applied to "important bird areas" design. Animal Conservation **10**: 208-218.
- Mac Nally, R. 2007. Consensus weightings of evidence for inferring breeding success in broad-scale bird studies. Austral Ecology **32**: 479-484.
- Madroño A., González C. and Atienza J.C. 2004. Libro rojo de las aves de España, 1st edition. Dirección General para la Biodiversidad - SEO/BirdLIFE, Madrid.
- Mardia K.V. and Jupp P.E. 2000. Directional Statistics. John Wiley & Sons, LTD, London.

- Menard, S. 2000. Coefficients of Determination for multiple logistic regression analysis. *The American Statistician* **54**: 17-24.
- Meyburg B.U. and Fuller M.R. 2007. Spatial tracking. B: Satellite tracking. Pages 242–247 in Bird D.M. and Bildstein K.L. *Raptor Research and Management Techniques*. Hancock House Publishers, Blaine, WA.
- Miller R.A., Carlisle J.D., Bechard M.J. and Santini D. 2013. Predicting nesting habitat of Northern Goshawks in mixed aspen-lodgepole pine forests in a high-elevation shrub-steppe dominated landscape. *Open Journal of Ecology* **3**: 109-115.
- Muriel R., Morandini V., Ferrer M. and Balbontín J.. 2015. Independence and juvenile dispersal distances in wild and reintroduced Spanish Imperial Eagles. *Biological Conservation* **191**: 300-305.
- Muriel R., Morandini V., Ferrer M., Balbontín J. and Morlanes V. 2016. Juvenile dispersal behaviour and conspecific attraction: an alternative approach with translocated Spanish Imperial Eagles. *Animal Behaviour* **116**: 17-29. Elsevier Ltd.
- Mutwiri, R.M. 2016. Application of multiple circular-linear regression models to animal movement data with covariates. *Journal of Mathematics* **12**: 56-65.
- Newton, I. 1979. *Population ecology of raptors*. Buteo Books, Vermillion, South Dakota, USA.
- Nishida C., Boal C.W., DeStefano S. and Hobbs R.J. 2013. Nesting habitat and productivity of Swainson's Hawks in southeastern Arizona. *Journal of Raptor Research* **47**: 377-384.
- Palm E.C., Newman S.H., Prosser D.J., Xiao X., Ze L., Batbayar N., Balachandran S. and Takekawa J.Y. 2015. Mapping migratory flyways in Asia using dynamic Brownian bridge movement models. *Movement Ecology* **3**: 3.
- Palma, L. 1995. Estudos para a conservação da Águia de Bonelli *Hieraaetus fasciatus* nas Serras do Sudoeste. Relatório do projecto “Estudo e Conservação das Grandes Rapinas Diurnas das Serras do Sudoeste”. Protocolo entre a Unidade de Ciências e Tecnologias dos Recursos Ambientais.
- Peng C., Lee K. and Ingersoll G.M. 2002. An introduction to logistic regression analysis and reporting. *The Journal of Educational Research* **96**: 3-14.
- Penteriani V., Otalora F., Sergio F. and Ferrer M. 2005. Environmental stochasticity in dispersal areas can explain the “mysterious” disappearance of breeding populations. *Proceedings of the The Royal Society B* **272**: 1265-1269.
- Poirazidis K., Goutner V., Skartsi T. and Stamou G.. 2004. Modelling nesting habitat as a conservation tool for the Eurasian Black Vulture (*Aegypius monachus*) in Dadia Nature Reserve, northeastern Greece. *Biological Conservation* **118**:235-248.
- Prado C.P.A., Uetanabaro M. and Haddad C.F.B.. 2005. Breeding activity patterns, reproductive modes, and habitat use by anurans (Amphibia) in a seasonal environment in the Pantanal, Brazil. *Amphibia-Reptilia* **26**: 211-221.
- Real J. and Mañosa S.. 2001. Dispersal of juvenile and immature Bonelli's eagles in Northeastern Spain. *Journal of Raptor Research* **35**: 9-14.
- Sakamoto Y., Ishiguro M. and Kitagawa G. 1986. Akaike Information criterion statistics. KTK Scientific Publishers, Tokyo.

- Sarkar D., Chapman C.A., Griffin L. and Sengupta R. 2014. Analyzing animal movement characteristics from location data. *Transactions in GIS*:1–19.
- Sharf W. and Balfour E.. 1971. Growth and development of nesting Hen Harriers. *Ibis* **113**: 323-329.
- Sokal, R.R. 1978. Spatial autocorrelation in biology. *Biological Journal of the Linnean society* **10**: 199-228.
- Soutullo A., Urios V., Ferrer M. and Peñarrubia S.G.. 2006a. Post-fledging behaviour in Golden Eagles *Aquila Chrysaetos*: onset of juvenile dispersal and progressive distancing from the nest. *Ibis* **148**: 1-6.
- Soutullo A., Urios V., Ferrer M. and Peñarrubia S.G. 2006b. Dispersal of Golden Eagles *Aquila chrysaetos* during their first year of life. *Bird Study* **53**: 258-264.
- Steiniger S. and Hunter A.J.S. 2012. A scaled line-based kernel density estimator for the retrieval of utilization distributions and home ranges from GPS movement tracks. *Ecological Informatics*: 1-8.
- Tanferna A., López-Jiménez L., Blas J., Hiraldo F. and Sergio F.. 2013. Habitat selection by Black Kite breeders and floaters: Implications for conservation management of raptor floaters. *Biological Conservation* **160**: 1-9. Elsevier Ltd.
- Thorup K., Alerstam T., Hake M. and Kjellén N.. 2003. Bird orientation: compensation for wind drift in migrating raptors is age dependent. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **270**: S8-S11.
- Titus K. and Mosher J.A. 1981. Nest-Site habitat selected by woodland hawks in the central appalachians. *The Auk* **98**: 270-281.
- Trivers, R.L. 1974. Parent-offspring conflict. *American Zoologist* **r4**: 249-264.
- Watson, J. 1997. *The Golden Eagle*. T&AD Poyser, London.
- Weimerskirch H., Åkesson S. and Pinaud D. 2006. Postnatal dispersal of wandering albatrosses *Diomedea exulans*: Implications for the conservation of the species. *Journal of Avian Biology* **37**: 23-28.
- White J.D. and Faaborg J. 2008. Post-Fledging movement and spatial habitat-use patterns of juvenile Swainson's Thrushes. *The Wilson Journal of Ornithology* **120**: 62-73.
- Wiens D.J., Reynolds R.T. and Noon B.R.. 2006. Juvenile movement and natal dispersal of Northern Goshawks in Arizona. *The Condor* **108**: 253-269.
- Wood P.B., Collopy M.W. and Sekerak C.M.. 1998. Postfledging nest dependence period for Bald Eagles in Florida. *The Journal of Wildlife Management* **62**: 333-339.
- Wu H., Li B.L., Springer T.A. and Neill W.H.. 2000. Modelling animal movement as a persistent random walk in two dimensions: expected magnitude of net displacement. *Ecological Modelling* **132**: 115-124.
- Zabala J. and Zuberogoitia I.. 2014. Individual quality explains variation in reproductive success better than territory quality in a long-lived territorial raptor. *PLoS ONE* **9**: e90254.
- Zuur A.F., Ieno E.N. and Smith G.M. 2007. *Analysing ecological data*. Springer - Verlag New York, New York.

8. Anexos

Anexo I - Desenvolvimento da plumagem de crias de águia-imperial-ibérica nos primeiros 60 dias de vida (ilustração de Davina Falcão – LIFE Imperial)



1ª semana (1-7 dias)



2ª semana (8-14 dias)



3ª semana (15-21 dias)



4ª semana (22-28 dias)



5ª semana (29-35 dias)



6ª semana (36-42 dias)



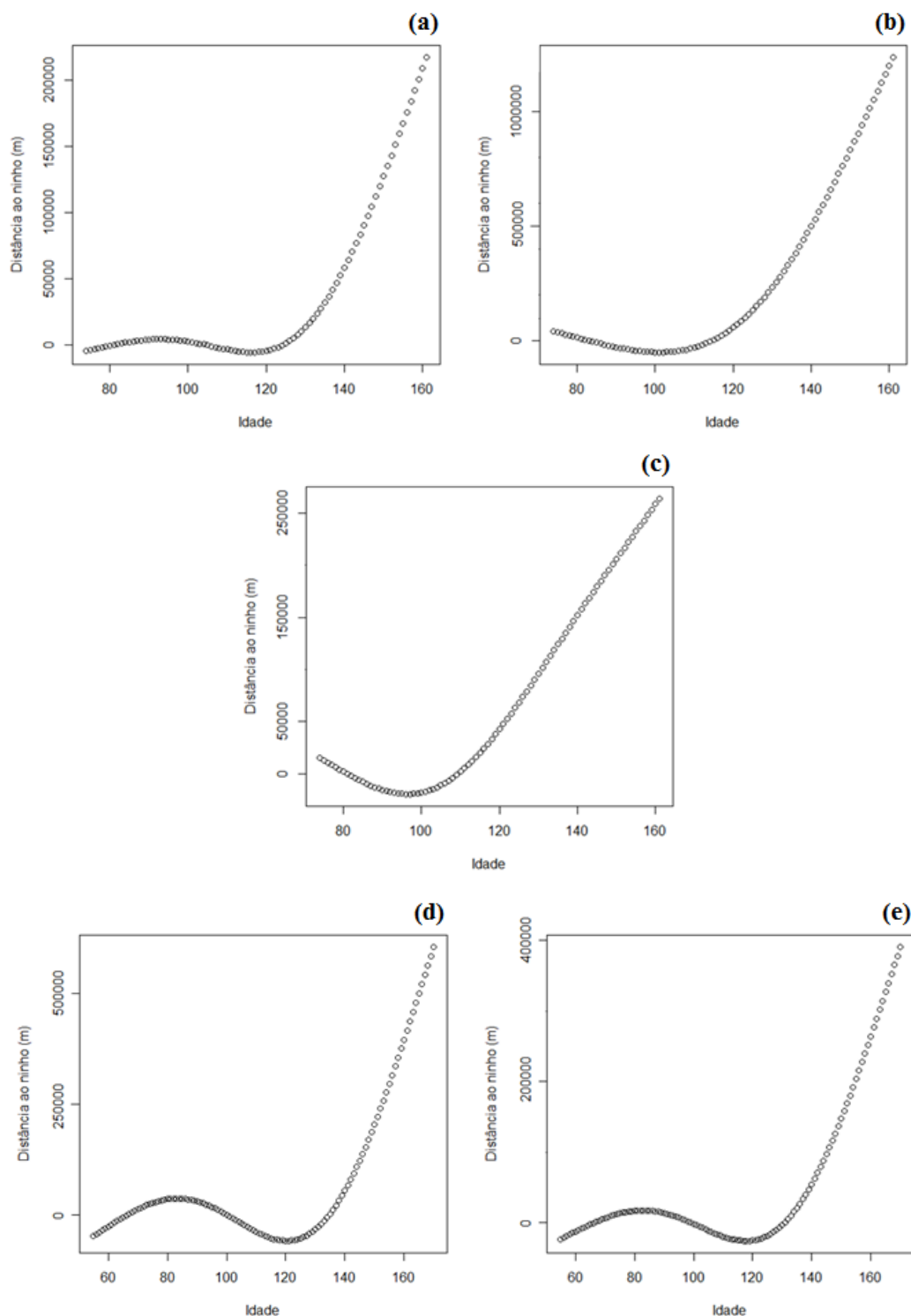
7ª semana (43-49 dias)

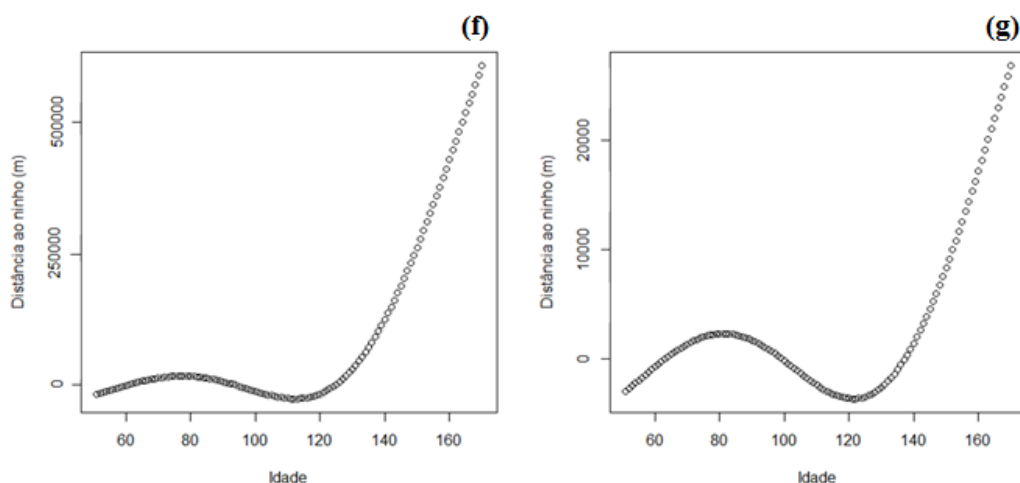
D. Falcão



8ª semana (50-56 dias)

Anexo II - Curvas de distância ao ninho em função da idade dos juvenis ((a) - 1_2014; (b) - 2_2014; (c) - PTT; (d) - 9_2015; (e) - 10_2015; (f) - 3_2015; (g) - 4_2015), em que: (a), (b) e (c) pertencem à ninhada de Mértola 2014; (d) e (e) pertencem à ninhada Mértola 2015; e (f) e (g) pertencem à ninhada de Moura 2015





Anexo III - Adaptação das classes da Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental para 2007 (COS 2007), para as categorias de habitat utilizadas nos GLM, tendo em consideração a disponibilidade de pousos

Nomenclatura COS 2007	Categorias de habitat utilizadas nos GLM
2.1.1.01.1 - Culturas temporárias de sequeiro	Áreas abertas
2.3.1.01.1 - Pastagens permanentes	
2.4.4.03.2 - Sistemas agro-florestais de azinheira com pastagens	
3.1.1.01.2 - Florestas de azinheira	Floresta
3.1.1.01.7 - Florestas de outras folhosas	
3.1.1.02.2 - Florestas de azinheira com folhosas	
3.2.4.01.2 - Florestas abertas de azinheira	
3.2.4.02.2 - Florestas abertas de azinheira com folhosas	
3.2.1.01.1 - Vegetação herbácea natural	Vegetação
3.2.2.02.1 - Matos pouco densos	
3.2.3.01.1 - Vegetação esclerófito densa	
3.2.3.02.1 - Vegetação esclerófito pouco densa	
3.3.1.01.1 - Praias dunas e areias interiores	Outras áreas
3.2.4.08.2 - Novas plantações	
3.2.4.10.1 - Aceiros e/ou corta-fogos	